

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität Erlangen - Nürnberg
Direktor: Professor Dr. A. Kröncke

ÜBER DIE WANDSTÄNDIGKEIT
VON FÜLLUNGSMATERIALIEN
IM AUFBEREITETEN WURZELKANAL
(RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE
UNTERSUCHUNG)

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Rosalia Mercedes Solis Ponton
México D.F.

1980 04 73

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. A. Kröncke

ÜBER DIE WANDSTÄNDIGKEIT
VON FÜLLUNGSMATERIALIEN
IM AUFBEREITETEN WURZELKANAL
(RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE
UNTERSUCHUNG)

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Rosalia Mercedes Solis Ponton
México D.F.

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Friedrich - Alexander - Universität Erlangen - Nürnberg
und mit Unterstützung des Deutschen Akademischen
Austauschdienstes



Dekan: Prof. Dr. W. Kersten

Referent: Prof. Dr. A. Kröncke

Tag der mündlichen Prüfung: 01. 12. 1980

INHALT

I. VORWORT

II. ALLGEMEINE EINLEITUNG

1. Die Bedeutung der Geschichte

2. Die Bedeutung der Gegenwart

3. Die Bedeutung der Zukunft

4. Die Bedeutung der Menschheit

III. DIE WELT UND DER MENSCH

1. Die Welt als Ganzes

2. Die Welt als Teil des Universums

3. Die Welt als Lebensraum

4. Die Welt als Kulturland

5. Die Welt als Bühne der Geschichte

6. Die Welt als Werk der Natur

7. Die Welt als Werk der Menschheit

IV. DIE MENSCHLICHE GEISTESWELT

1. Die menschliche Geisteswelt

2. Die menschliche Geisteswelt als Produkt der Natur

3. Die menschliche Geisteswelt als Produkt der Kultur

4. Die menschliche Geisteswelt als Produkt der Geschichte

5. Die menschliche Geisteswelt als Produkt der Gegenwart

Meinen Eltern gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	
II. 1. Wurzelkanalaufbereitung	3
II. 2. Abfüllung des Wurzelkanals	7
II. 3. Lateralkondensationsmethode	11
II. 4. Wurzelfüllmaterialien	15
III. MATERIAL UND METHODEN	
III. 1. Die Methode mit einem Stift	25
III. 2. Laterale Kondensationsmethode	27
III. 3. Übersicht über Anzahl der Zähne und verwendeten Materialien	29
III. 4. Herstellung der Präparate für die Betrachtung im REM	34
III. 5. Mögliche Fehlerquellen	37
IV. ERGEBNISSE UND DISKUSSION	
IV. 1. Zur Untersuchungsmethode	46
IV. 2. Vergleich der beiden Wurzel- füllungsmethoden	48
IV. 3. Vorteile der Lateralkonden- sationsmethode	51

IV. 4. Abbildungen der Wurzelfülltechnik

Lateralkondensationsmethode

55

IV. 5. Abbildungen der Wurzelfülltechnik

"Zentralstift"

63

V. ZUSAMMENFASSUNG

74

VI. LITERATURVERZEICHNIS

76

LEBENS LAUF

I. EINLEITUNG

Eine der wichtigen Behandlungsmethoden der klinischen Zahnheilkunde ist die Wurzelkanalbehandlung. Sie soll einen Zahn funktionstüchtig erhalten, dessen Pulpa irreversibel erkrankt oder bereits zugrundegegangen ist. Obwohl diese Therapie schon vor der Jahrhundertwende bekannt war, ist sie seit ihrer Einführung bis auf den heutigen Tag nicht unproblematisch.

Es gibt mehrere Faktoren, die für den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung sehr wichtig sind. Dazu gehören die Aufbereitung des Wurzelkanals, die Wurzelfüllmaterialien und die Wurzelfülltechniken. Durch die Aufbereitung soll erzielt werden, daß die Kanalwände glatt und frei von Geweberesten sind. Die beste Wurzelkanalbehandlung muß mit einer optimalen Wurzelfüllung enden. Diese soll vollständig und gewebefreundlich sein, um eine Reinfektion zu verhindern. Um dies zu erreichen, gibt es verschiedene Wurzelfüllmaterialien und Wurzelfülltechniken. Angeboten werden viele Materialien, von denen jedes seine besondere Eigenschaft besitzt. Aber in dieser Untersuchung wird ein Vergleich der beiden gebräuchlichsten Wurzelfülltechniken (Lateralkondensationsmethode und Zentralstift-Methode) angestrebt.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, durch elektronenmikroskopische Darstellung der gefüllten Wurzelkanäle festzustellen, inwieweit eine vollständige und dicht an der Kanalwand anschließende Wurzelfüllung überhaupt möglich ist, und diejenige Technik zu finden, mit welcher die bessere Wandständigkeit und Wanddichtigkeit des verwendeten Wurzelfüllmaterials erreicht wird.

Fragestellung

Wie die Literaturübersicht zeigt, wird allgemein als besonders wichtige Voraussetzung für den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung ein bakteriendichter Abschluß der Wurzelkanalfüllung und eine gute Gewebsverträglichkeit des Füllmaterials angesehen. Entscheidend für das Gelingen der Wurzelfüllung ist auch die gründliche Aufbereitung der Pulpahohlräume und die Füllungsmethode. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll deshalb untersucht werden, ob mit der Lateralkondensationsmethode oder mit der konventionellen Wurzelfülltechnik, nämlich Ergänzung eines plastisch eingebrachten, erstarrenden Füllmaterials mit einem Zentralstift eine gute Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials (Diaket und Guttaperchastift) erzielt wird.

II. LITERATURÜBERSICHT

II. 1. Wurzelkanalaufbereitung

Zahlreiche Autoren bezeichnen die sorgfältige Aufbereitung und Säuberung der Kanalwand als wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche Wurzelkanalfüllung (Ingle 1961, Fromme 1970-1972, Kothe 1973, Kröncke 1975, McComb 1976, Guldener 1978, Konopelski 1979).

Die Hauptaufgabe der Instrumentation besteht nicht nur in der optimalen Säuberung des Wurzelkanals, sondern auch in der Herstellung einer günstigen Präparation für das vorgesehene Wurzelfüllmittel (Kröncke 1975, Schroeder 1979).

Curson (1966) empfiehlt die Erweiterung des Wurzelkanals, bis der Kanalquerschnitt auch im apikalen Bereich möglichst rund ist.

Schroeder (1979) sagt: "Es geht bei der Aufbereitung darum, den Apex zu erreichen, nicht aber das Foramen zu erweitern. Je mehr das Foramen ausgeweitet wird, desto schwieriger wird später die Wurzelfüllung, desto eher kommt es zu Reizerscheinungen im Periapex und zur Verzögerung der Heilungspotenz des periapikalen Gewebes."

Fromme (1970) betont: "Die Wurzelkanalsäuberung und Aufbereitung sind die wirkungsvollsten Maßnahmen zur Ausschaltung der von infizierten Wurzelkanälen ausgehenden Reizfaktoren. Je vollkommener diese gelingen, um so günstiger sind die Voraussetzungen für die Erhaltung des Zahnes."

Schilder (1967), Grossmann (1970): Das Ziel der biomechanischen Aufbereitung ist das vollständige Débridement des Wurzelkanals, die Entfernung des infizierten und erweichten Dentins und die Elimination von Fremdkörpern innerhalb der Pulpa.

In der amerikanischen Literatur wird die Kanalaufbereitung bis zum Foramen apicale empfohlen, gleichgültig ob es sich um eine vitale oder nekrotische Pulpa handelt. Die europäische Schule unterscheidet die Aufbereitung bei vitaler und infizierter Pulpa. Ist die Pulpa vital, so soll die Aufbereitung bis zum Foramen physiologicum (Dentin-Zementgrenze), ist sie gangränös, bis zum röntgenologisch darstellbaren Foramen apicale erfolgen.

Mehrere Autoren (van Voorde, Bjorndahl, 1969, Kuttler, 1955) bestimmten mit Hilfe der Parallel-Röntgentechnik die Arbeitslänge und ermittelten dabei folgende durchschnittliche Distanzen:

Foramen apicale - Wurzelspitze: 0,3 mm

Foramen physiologicum - Foramen apicale: 0,8 mm

Foramen physiologicum - Wurzelspitze: 1,1 mm

Verschiedene Autoren untersuchten in der letzten Zeit mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops aufbereitete Zähne und kamen zu folgenden Ergebnissen:

Moodnik et al. (1976) untersuchte die biomechanische Wirkung der Wurzelkanalaufbereitung einwurzliger Zähne mit dem REM. Die Kanalaufbereitung erfolgte einerseits mit Normalfeilen, andererseits mit Hedströmfeilen. Zwischen diesen beiden Instrumententypen wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Kanalreinigung beobachtet. Auf der durchweg unebenen und rauhen Kanalwand haftete noch Pulpagewebe. Die mangelhafte Kanalreinigung erstreckte sich gleichmäßig über den ganzen Kanal.

Fromme et al. (1970) beschreiben: Die Kanalwandfläche soll schließlich glatt und nicht aufgeraut sein. Bei rauher Kanalwand sind die Spaltbildungen zwischen Füllungsmaterial und Dentin größer als bei glattwandigen Kanälen.

Konopelski (1979): "Diese Ergebnisse machen deutlich, daß ein Wurzelkanal nach der Exstirpation gründlich

durch systematische Anwendung von Kerr-Räumern und Feilen aufbereitet werden muß, wenn man optimale Bedingungen für die vollständige und dichte Ausfüllung mit einem Wurzelfüllmaterial anstrebt. Ein nicht aufbereiteter Wurzelkanal enthält noch viele Gewebsreste und Bakterien. Aus den Dentinkanälchen dringt Feuchtigkeit hervor. Beide Umstände machen eine dichte Wurzelfüllung unmöglich."

Kothe (1973): Mit der Erweiterung des Wurzelkanals soll eine gleichzeitige Glättung der Kanalwand erzielt werden. Diese wird als eine der Voraussetzungen für den randdichten Verschuß des Wurzelkanals durch ein Füllmaterial angesehen. Bei der manuellen Kanalaufbereitung mit der Hedströmfeile, dem Beutelrockbohrer und der Rattenschwanzfeile wurde unter den beschriebenen Versuchsbedingungen und in der Reihenfolge der obengenannten Instrumente eine zunehmend glattere Kanaloberfläche beobachtet.

Die Literatur über Untersuchungen der Zahngewebe mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops ist heute schon ziemlich reichhaltig. Sie betrifft hauptsächlich die Zahnhartsubstanzen. Einige Arbeiten, befassen sich mit dem Prädentin. Sie zeigen seine faserförmige Struktur und die Reste der Tomes' Fortsätze. Nur wenige Arbeiten beschäftigen sich mit der Struktur der Pulpa (Svejda 1975, 1978, Kothe et al. 1973, Fromme 1967, 1970, 1972).

Alle diese Untersuchungen zeigen aber deutlich die Wichtigkeit einer gründlichen Aufbereitung. Je rauher die Dentinwand des Wurzelkanals ist, desto schwieriger ist es, eine gute Wandständigkeit des Füllungsmaterials zu erreichen.

II. 2 Abfüllung des Wurzelkanals

Mit dem Problem der Wurzelfüllung pulpatoter Zähne beschäftigte sich schon Witzel (1879). Grundsätze für die Abfüllung gangränöser Pulpakanäle, die noch heute gelten, wurden schon 1884 von Richmond aufgestellt: "Das Foramen muß dicht abgeschlossen werden mit einem festen nicht schrumpfenden Material, das den Apex nicht überragt."

Die Erkenntnisse von Spreter v. Kreudenstein und Kayser (1954): "Der dichte Verschluß der sorgfältig aufbereiteten Wurzelkanäle ist Vorbedingung, um eine Reinfektion der apikalen Region durch exogene Noxen zu vermeiden." (Scholz 1975)

Schilder (1967): In der Endodontie versteht man unter hermetischem Verschluß eine völlige Undurchlässigkeit für Luft, Wasser und Mikroorganismen und Solidifikation des gesamten Wurzelkanalsystems, zumindestens aber der Hauptkanäle.

Kuttler (1958): Dieses Ziel wird jedoch kaum vollständig erreicht werden können, weil ein nach röntgenologischen Kriterien im Kanal gut sitzender Stift mit dem mikroskopischen Befund nur zufällig übereinstimmt, in der Regel ist er zu lang. Aus diesem Grund wird der Stift mit Vorteil rd. 0,5 mm kürzer gewählt als die effektive Zahnlänge, was ungefähr der Distanz zwischen Foramen apicale und röntgenologischem Apex entspricht. (Guldener 1971).

Guldener (1971): Wird zum Füllen des Wurzelkanals nur Wurzelfüllmasse ohne Stift verwendet, so wird die Fehlerquelle, d. h. die Ungenauigkeit, den Wurzelkanal am Foramen apicale zu verschließen, wesentlich erhöht.

Kuttler (1958) stellt sowohl an die Technik der Wurzelfüllung als auch an das Wurzelfüllmaterial besonders hohe Ansprüche: Eine ideale Wurzelkanalfüllung soll den Anteil des Kanals, der von Dentin umgeben ist, also die Distanz vom Pulpakavum bis zur Dentin-Zementgrenze dicht abfüllen. Die Wurzelfüllmasse soll die Bildung von neuem Zement apikal von der Zement-Dentingrenze stimulieren, so daß sich schließlich ein weitgehender biologischer Verschuß des Kanals unmittelbar apikal vom Foramen apicale durch Zement bildet. Dadurch wird der physiologische Zustand des periapikalen Gewebes, nämlich des Desmodonts und des alveolären Knochens gewährleistet.

Curson (1966), Fromme (1970), Grossmann (1970), Harndt (1975), Guldener (1979) äussern sich übereinstimmend: Während es das Ziel der Wurzelkanalaufbereitung und Spülung ist, den Wurzelkanal zu sterilisieren, oder realistisch ausgedrückt, möglichst keimfrei zu machen, bezweckt die Wurzelkanalfüllung, diesen hermetisch zu verschließen, um eine Reinfektion sowohl von koronal als auch von apikal her zu verhindern.

Guldener (1978): Wird ein Wurzelkanal nicht dicht gefüllt, so besteht die Gefahr, daß vom periapikalen Entzündungsprozeß Sekret eindringt, dessen Proteine koagulieren und auf die apikale Wurzelhaut und den Knochen toxisch wirken. Dadurch wird nicht nur die Gewebeheilung periapikaler oder besser: periradikulärer Läsionen verhindert, sondern auch eine Sekundärinfektion via Blutstrom begünstigt. Die seröse Gewebsflüssigkeit dient überdies als Nährsubstanz verbliebener Restkeime, die sich im Wurzelkanal vermehren können.

Wichtig ist die Wahl nicht nur eines gewebsfreundlichen und nicht-resorbierbaren Wurzelfüllmaterials, sondern auch eines Materials, das dicht ist und aufgrund seiner Wandständigkeit einen möglichst hermetischen Verschuß des Kanalsystems gewährleistet. Nach diesen Ausführungen bedarf es keiner Begründung mehr daraufhinzuweisen, wie

wichtig es ist, die Wirkungsweise der Wurzelkanalaufbereitungsinstrumente zu kennen und Wurzelfüllmaterialien auf ihre Dichte und Wandständigkeit hin zu überprüfen. Zahlreiche Autoren haben sich bereits mit diesem Problem auseinandergesetzt. (Kröncke 1953, Schröder 1954, Waechter 1953, Sitzmann 1965, Curson 1968, Fromme 1970, Ketterl 1975, Abramovich 1976, Benatti 1978, Schroeder 1979)

Schroeder (1979): "Die Wurzelfüllung mit einem bestimmten Material oder nach einer bestimmten Methode ist nicht das Alpha und Omega der ganzen Therapie, sondern nur der Schlußpunkt in der Reihe aller unserer Maßnahmen. Womit dieser Schlußpunkt gesetzt wird, ist nicht von entscheidender Bedeutung, unter der Bedingung allerdings, es werden damit jene Forderungen erfüllt, die mit dem Begriff "optimale Obliteration" umschrieben wurden."

II. 3 Lateralkondensationsmethode

Bei einer exakten Wurzelfüllung sollte man zwei Dinge vermeiden:

1. Das Foramen apicale auszuweiten und
2. später mit einem auf den Apex eingestellten Lentulo unkontrolliert Wurzelfüllmaterial einzurotieren.

Letzteres kann man sich nur leisten, wenn das Foramen tatsächlich verschlossen ist, sei es mit Osteozement, sei es mit einer Dentinplastik für den Fall einer Vitalalexstirpation. In allen anderen Fällen drängt sich die Verwendung von Guttaperchaspitzen auf.

Bedient man sich nur einer einzigen Spitze, dann muß diese genau abgemessen und so ausgewählt werden, daß sie im Bereich des Foramen physiologicum satt sitzt. Die Beschickung des Kanals mit dem Wurzelfüllmittel hat sehr vorsichtig und dosiert zu geschehen, die Lentulo-Spirale muß nach einigen wenigen Umdrehungen sofort vom Apex zurückgezogen werden. Die Guttaperchaspitze wird nun langsam und mit leichten Pumpbewegungen eingeführt, bis das dicke Ende gemäß der vorher vorgenommenen Längenmessung mit der Inzisalkante bzw. Okklusalfäche bündig ist. Durch das vorsichtige Einschieben der Guttaspitze werden massive Überfüllungen und Luftblasen vermieden. Das Wurzelfüllmaterial kann nach koronal entweichen. (Schroeder 1979)

Kuttler (1958) meint: "Überfüllungen sollten vermieden werden, da das Material als Fremdkörper wirkt, welcher die neue Bildung von Zement im Zementkanal verhindert. Unterfüllung begünstigt Infektion oder Reinfektion im Periapikalbereich. Die exakte Füllung an der Dentin-Zementgrenze ist schwer zu erzielen, besonders wenn der Apex schmal ist oder die Röntgenaufnahme falsch interpretiert wurde."

Am sichersten hingegen vermeidet man Überfüllungen mit der sogenannten lateralen Kondensation, bei der eine größere Anzahl von Guttaspitzen verwendet wird. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, daß primär und unter Applikation eines Minimums an Wurzelfüllmaterial mit einem sogenannten "Masterpoint" das Foramen verschlossen wird. Im Verlaufe des Eindringens zusätzlicher Guttaspitzen und deren Kondensation wird zwar der Masterpoint noch etwas apikalwärts gedrückt, wirkt aber dann immer mehr als Blockade gegenüber dem Wurzelfüllmittel. Dieses wird deshalb unter Umständen auch in Seitenkanäle gepreßt. Besonders indiziert ist das Verfahren bei weiten Kanälen mit ovalem Querschnitt (Schroeder 1979).

Diese Methode ist also bei einem weiten Kanal oder einem Kanal mit ovalem Lumen empfehlenswert. Davon abgesehen ist sie aber auch nur dort möglich, wo der Kanal mindestens bis Kerr-Nr. 35 oder 40 aufbereitet werden kann. (Ingle 1965, Sommer et al. 1966, Nichols 1967, Grossmann 1970).

Ingle (1965), Grossmann (1965), Sommer (1966), Marlin (1973), Lasala (1971), Schroeder (1977) sagen zur Lateralkondensationsmethode: Die Lateralkondensationsmethode führt insgesamt gesehen zweifellos zu einer Verdichtung der Wurzelfüllung und zu einer Verdrängung des flüssigen Wurzelfüllmittels in Lakunen, Seitenkanäle und Blindsäcke; dort verbinden sich die einzelnen Guttastifte zu einem homogenen Ganzen. Mit dieser Methode wird auch eine bessere Wandständigkeit im Apikalbereich und eine Verdichtung der Füllung im mittleren und koronalen Bereich erzielt. Durch die Kondensation der Guttaspitzen an die Kanalwand wird die Bildung von Luftblasen vermieden.

Durch die Lateralkondensationmethode wird das Überfüllen der Kanäle bei exakter Aufbereitung bis zur Dentin-Zementgrenze vermieden. (Kuttler 1958).

Brayton et al. (1973) bewiesen in vitro, daß die Wurzelkanäle trotz angeblich korrekter Technik mit einem Wurzelkanalfüllzement und lateraler Kondensation mit Guttapercha

röntgenologisch einwandfrei sein können. Wurzelkanalfüllungen wurden an 87 Zähnen durchgeführt und diese eine Woche später in eine 5 % Salpetersäure-Natriumhypochlorit-Lösung eingetaucht. Während sich die Zahnschmelze durch das Absäuern auflöste, blieb die Wurzelkanalfüllung intakt. Dabei ergaben sich unter anderem folgende Resultate: Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Form der Guttaperchastifte und der Kondensation der Wurzelfüllungen, unzureichende Verteilung des Füllzementes, mangelhafte Wiedergabe von Formabweichungen der Wurzelkanäle, wie z. B. Seitenkanäle und mangelhafte Vergleichbarkeit mit der röntgenologischen Darstellung.

Torabinejad et al. (1978) haben 4 verschiedene Fülltechniken (laterale Kondensation, vertikale Kondensation mit heißer Guttapercha, Chloroperchapaste und Injektion von thermoplastischer Guttapercha mit einer Druckspritze) mit dem REM untersucht (40 Zähne). Die laterale Kondensation zeigte einen deutlich schlechteren Randschluß (gute Adaptation nur im apikalen Bereich).

Schroeder (1970) und auch Guldener (1971) bezeichnen die mehrfach notwendigen Röntgenaufnahmen bei der Lateralkondensationsmethode als Nachteil für die praktische Durchführung.

II. 4 Wurzelfüllmaterialien

Ein ideales Wurzelkanalfüllmaterial soll nach Grossmann (1978) folgende Eigenschaften aufweisen:

- den Kanal lateral und vertikal dicht verschließen
- das periapikale Gewebe nicht reizen
- nicht schrumpfen
- gegenüber Feuchtigkeit undurchlässig sein
- bakteriostatisch sein oder wenigstens das Bakterienwachstum nicht begünstigen
- vor der Einführung in den Kanal leicht und schnell sterilisiert werden können
- leicht in den Kanal eingeführt werden können
- radiopak sein
- den Zahn nicht verfärben
- falls notwendig, leicht aus dem Kanal entfernt werden können

Ein Wurzelkanalzement soll darüber hinaus noch folgendermaßen beschaffen sein:

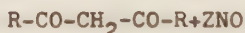
- langsam abbinden
- nach der Abbindung eine gute Adhäsion (Wandständigkeit) aufweisen
- das Pulver soll feinkörnig sein, um die Mischung mit der Flüssigkeit zu erleichtern
- in Gewebeflüssigkeit unlöslich sein

Bis heute ist es noch nicht gelungen, ein Wurzelkanalfüllmittel zu entwickeln, das alle diese Anforderungen erfüllt. Mit der Kombination von Guttapercha und einem wandständigen gewebsverträglichen Wurzelkanalfüllzement werden bisher die besten Resultate erzielt. (Guldener 1979)

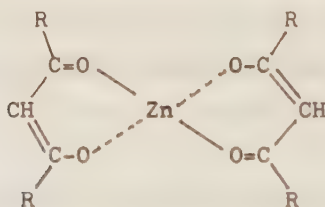
II. 4. 1 Diaket

Das Diaket ist ein Polyketonpräparat und enthält 0,5 % Dihydroxydichloriddiphenylmethan (Scheufele 1952).

W. Schmitt (1951) beschrieb erstmals die Formel des Diakets:



R=organisches Radikal



Während die meisten Autoren Diaket den Wurzelkanalharzen zuordnen, schreibt es Schroeder (1977) den ZNO-Eugenol-ähnlichen Produkten zu, weil es zur Verstärkung nur einen kleinen Kunststoffanteil enthält und die

Abbindung derjenigen der ZNO-Eugenol-Zemente vergleichbar ist. Die Abbindezeit von Diaket wird in der Literatur sehr unterschiedlich beurteilt. Nach Grossmann (1963) und (1978) beträgt sie nur etwa 6 min und wird bei Feuchtigkeitsaufnahme noch verkürzt. In einer Studie von Curson et al. (1968) wird sie mit 2 h und 26,5 min, in feuchtem Milieu mit 55 min angegeben. Extrem hohe Werte stellte Niederdellmann (1976) fest, der die lange Abbindezeit dieses Materials als Nachteil betrachtet und diesen Faktoren durch die Verwendung von Polymethylmethacrylat in Verbindung mit einem Stabilisierungsstoff ausschaltet.

Scheufele (1952) hat das Formverhalten des Diakets gemessen und gezeigt, daß sich das Material während der Abbindung nur um 0,16 % kontrahiert, solange es sich noch in fließfähigem Zustand befindet. Der Übergang in den festen Zustand verläuft ohne Volumenveränderung. Von zahlreichen Autoren wurde die Permeabilität des Diakets mit Farbstofflösungen getestet (Waechter 1953, Kröncke 1953, Stewart 1958, Grossmann 1976). Die Eindringtiefe der Farbstoffe war gering, aber unterschiedlich und betrug 0 mm (Waechter und Stewart); 0,2 - 0,3 mm (Grossmann); 0,8 mm (Kröncke).

Schroeder (1954) untersuchte die Dichtigkeit von zehn Wurzelfüllmaterialien, wobei er feststellte, daß nur mit Diaket oder AH 26 ein effektiv hermetischer Abschluß erreicht werden kann.

Piatowska (1978) führte eine klinische und röntgenologische Studie über die Brauchbarkeit von Diaket für die konservative Therapie der Parodontitis apicalis chronica durch. Nach einer Kontrollzeit von zwölf Monaten konnten 86 % Erfolge festgestellt werden.

Scheufele (1952) implantierte Diaket intramuskulär in Kaninchen und beobachtete drei Wochen später eine geringe entzündliche Gewebereaktion, nach fünf Wochen bereits reifes Bindegewebe.

Stewart (1958) hat nach Implantation von Diaket in subkutanes Gewebe von Kaninchen (2-6 Wochen) keine Gewebereaktion feststellen können.

Muruzabal et al. (1966) verglichen die Gewebeverträglichkeit von Diaket und AH 26 an Rattenmolaren. Die Wurzelkanäle waren teils über, teils unterfüllt. Die periapikale Gewebereaktion beider Füllmassen zeigte große Ähnlichkeit, außer bei der Reaktion der Materia-

lien. Bei normaler oder Unterfüllung des Wurzelkanals wurde jeweils nur eine schwach entzündliche Reaktion registriert; bei Überfüllungen waren stets Nekrosen des apikalen Zements und Knochens sichtbar.

Rappaport (1964) untersuchte zehn Wurzelfüllmittel in Bezug auf ihre Gewebeverträglichkeit an Gewebekulturen und stellte dabei fest, daß Diaket die meisten Reize auf das umliegende Gewebe ausübt, jedoch die besseren bakteriologischen Eigenschaften besitzt.

Waechter (1953) stellte fest : "Gegen Säure zeigte sich das erhärtete Diaket nicht widerstandsfähig, insbesondere wurde es von Trichloressigsäure und Schwefelsäure angegriffen, weniger von Salzsäure. Gegen Natronlauge scheint Diaket nicht empfindlich zu sein und blieb in seiner Konsistenz unverändert. Von Phenolkampher wird die Oberfläche eines Diaketbröckchens etwas erweicht. In Trikresolformalin eingelegt scheint es auffallend spröde zu sein. Ein Diaketwürfel bestimmten Ausmaßes bei 37° Grad in physiologischer Kochsalzlösung zeigte keine Veränderung an seiner gleich hart gebliebenen Oberfläche. Die verwendete Kochsalzlösung war ebenfalls unverändert. Zu dem Pulver und der Flüssigkeit Diaket gehört noch das Lösungsmittel Dialyt."

Diaket erfüllt folgende Eigenschaften, die ein gutes Wurzelfüllmaterial besitzen soll:

- Undurchlässigkeit für Röntgenstrahlen
 - Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit
 - mittlere Abbindezeit
 - gute Wandständigkeit
 - keine Schrumpfung
 - keine Porosität
 - Entfernbarekeit
 - Sterilisierbarkeit
 - gute Gewebeverträglichkeit
 - Unlöslichkeit in Körpersäften
- } durch Versuche in vivo getestet

II. 4. 2 Guttapercha

"Guttapercha ist der eingedickte Saft des Guttapercha-baumes Isonandra Gutta, der in Siam, auf Borneo und Sumatra wächst.

1844 wurde Guttapercha erstmals nach Europa verschifft, und bereits drei Jahre später füllte Bennett einen Wurzelkanal erstmalig mit reiner Guttapercha. 1848 brachte Hill sein berühmtes Hill's stopping auf den Markt, eine Guttapercha, die härter war und sich weniger kontrahierte,

weil sie Zusätze von Ätzkalk, pulverisiertem Quarz und pulverisiertem Feldspat enthielt." (Miller 1898, Prinz 1928).

Guldener (1971): "Guttapercha wird bei etwas über 50° C weich und plastisch und weist in erwärmten Zustand eine hohe Adaptabilität auf. Sie ist ein schlechter Wärmeleiter, wird vom Speichel und von Gewebsflüssigkeit nicht angegriffen; Sie ist in Chloroform, Xylol und Äther löslich, und schließlich ist sie nicht toxisch, reizt das Gewebe nicht und schrumpft nicht."

Dank ihren günstigen physikalischen Eigenschaften hat sich Guttapercha als Wurzelfüllmaterial bis zum heutigen Tag ausgezeichnet bewährt. Gegenüber dem Silberstift hat sie den wesentlichen Vorteil, daß sie entweder mit Wärme oder mit einem der oben erwähnten Lösungsmittel jederzeit leicht aus dem Kanal entfernt werden kann, z. B. wenn eine Wurzelbehandlung revidiert oder Stifte eingepaßt werden müssen. Es soll deshalb auch an Molaren angestrebt werden, die Kanäle mit Guttapercha zu füllen, während Silberstifte nur in engen, gekrümmten Kanälen benutzt werden sollen (Grossmann 1970).

Friedmann (1975) hat eine Studie über die in der Endodontie verwendeten Guttaperchastifte fünf verschiedener

Marken durchgeführt. Sie enthalten nur etwa 20 % (19-22 %) Guttapercha als Matrix, 66 % (59 - 75 %) Zinkoxyd als Füller, 11 % (1,5 - 17 %) Metallsulfate als Röntgenkontrastmittel und schließlich 3 % (1 - 4 %) Wachse oder Kunststoffe zur Erhöhung der Plastizität. Die Zug- und Bruchfestigkeit sowie die Plastizität hängen in erster Linie von der Temperatur und Zusammensetzung der Guttapercha ab. Hoher Guttaperchagehalt erhöht die Brüchigkeit und erniedrigt dadurch das Fließvermögen. Bezüglich der molekularen Chemie von Guttapercha, die in zwei kristallinen Formen (alpha und beta) vorkommt, wird auf die Arbeit von Goodman et al. (1974) verwiesen.

Gurney et al. (1971) untersuchten verschiedene physikalische Eigenschaften von Guttapercha (Marke Mynol) und stellten fest, daß sie sich bei steigender Temperatur leicht ausdehnt, ein Vorteil für die endodontische Verwendung als Füllmaterial. Guttapercha zeigte im feuchten Milieu praktisch keine Volumenveränderung. Volumetrische Untersuchungen von Marlin et al. (1973) ergaben, daß das Volumen von Guttapercha größer war als der Raum (Glaszylinder), den sie nach der Füllung mit Hitze unter Druck einnahm; dies wegen der Kompressibilität des Füllungsmaterials. Diese Eigenschaft ist von klinischer Bedeutung, weil Guttapercha durch den inneren Druck das Wurzelkanalfüllmittel an die Wand preßt und dieses somit einen engeren Kontakt zur Kanalwand herstellt.

Higginbotham (1967) und Yee et al. (1977) sind der Meinung, daß Guttapercha den Wurzelkanal ohne Wurzelfüllmasse nicht dicht abschließt.

Seltzer et al. (1972) haben an 25 Silberstiften, die zwischen drei Monate und zwanzig Jahre nach Einsetzen wieder aus dem Kanal entfernt wurden, elektronenmikroskopisch nachgewiesen, daß sie in Kontakt mit periapikaler Gewebsflüssigkeit korrodierten, wodurch Silbersulfide, -sulfate und -Karbonate gebildet wurden. Diese Korrosionsprodukte sind stark zytotoxisch. Sämtliche Silberstift-Wurzelkanalfüllungen in dieser Studie waren mit akuten klinischen Symptomen verbunden.

Spangberg et al. (1973) untersuchten an HeLa-Zellkulturen die Zytotoxizität von Guttapercha und fand dabei heraus, daß diese im Vergleich zu anderen Wurzelkanalzementen mit Abstand am geringsten ist.

Die Gewebereaktion von Guttapercha und Silberamalgam wurde von Feldman et al. (1962) mit Implantaten im Kaninchenkiefer getestet. Bei der Guttaperchaimplantaten wurden eine dickere Bindegewebekapsel und mehr Makrophagen und Exsudatzellen beobachtet als bei den entsprechenden Amalgam-Implantaten.

Diese Ergebnisse decken sich nicht mit denjenigen von Pilz (1956), der Guttapercha in menschlichen Unterkiefer

implantierte und keine entzündliche Gewebereaktion feststellte.

Da es nicht möglich ist, den Kanal mit dem Wurzelkanalzement allein dicht und vollständig bis zur gewünschten Stelle (Foramen apicale) zu füllen, das Füllmittel andererseits bei engen, gekrümmten Kanälen nicht einmal bis in die apikale Gegend appliziert werden kann, soll zusätzlich stets ein Guttaperchastift verwendet werden (Waechter 1953, Stewart 1958, Kuttler 1958, Curson 1966, Schilder 1967, Guldener 1971 und 1979, Barry 1975, Ingle 1976, Moreno 1977, Grossmann 1978, Schroeder 1979).

Waechter (1953): "Der Wurzelkanalzement kann nur dort zur vollständigen Abdichtung verwendet werden, wo er auf eine dünne Schicht verdrängt wird, so daß eine Volumenveränderung während der Abbindevorgänge keine Bedeutung mehr hat. Der Wurzelkanal soll so gefüllt werden, daß ein nachgeschobener Guttaperchastift so in den Wurzelkanal paßt wie ein Inlay in seine zugehörige Kavität."

Die Guttapercha erfüllt damit folgende Eigenschaften:

- gewebefreundlich
- wieder entfernbar
- gut plastisch verwendbar

III. MATERIAL UND METHODEN

III. 1. Die Methode mit einem Stift

Die Verwendung eines einzelnen Guttastiftes in Verbindung mit einer Wurzelfüllmasse ist in der Endodontie heute sehr verbreitet. Ist der Wurzelkanal zum Füllen bereit, so wird ein Guttastift gewählt, welcher der zuletzt benutzten Räumergröße entspricht. Er wird in den Kanal eingeführt, bis er satt sitzt. In den meisten Fällen stellt man dabei fest, daß der Guttastift zu kurz ist, also nicht bis zum Apex reicht.

Der Guttastift ist im Gegensatz zum Silberstift nicht so exakt standardisiert; merkwürdigerweise ist er sehr häufig dicker als die entsprechende Räumergröße. Ist der Stift zu kurz, so wird ein neuer der vorhergehenden Größe gewählt, oder der Kanal wird um eine zusätzliche Nummer weiter aufbereitet. Ist der Stift aber zu lang, so wird er am apikalen Ende gekürzt, bis er bei satter Einführung bis knapp vor dem Apex endet und der Kanalwand auch lateral anliegt.

Das orale Ende des Stiftes wird nun auf die exakte Zahnlänge gekürzt, und anschließend wird eine Röntgenaufnahme hergestellt. Wird eine Abweichung in Bezug auf Stift und Zahnlänge festgestellt, so wird ein neuer Stift ausgesucht, andernfalls wird der Kanal mit dem Stift und einer geeigneten Wurzelfüllmasse gefüllt.

Dabei ist darauf zu achten, die Kanalwand nur mit einer dünnen Schicht Wurzelfüllmasse zu belegen, am besten mit Hilfe eines Räumers der vorletzten Größe, indem Pumpbewegungen und Dreh-

ungen entgegen dem Uhrzeigersinn ausgeführt werden. Schließlich taucht man den apikalen Teil des Stiftes in die Wurzelfüllmasse und schiebt ihn langsam längs einer Kanalwand gegen den Apex, bis das dicke Ende mit der Inzisalkante bzw. Okklusalfläche bündig ist. Durch das langsame Einschieben soll die Ansammlung von Luft über der Wurzelspitze vermieden werden. Mit einem heißen Spatel oder Excavator wird nun der Guttastift auf die Höhe des Pulpabodens gekörzt, die überschüssige Wurzelfüllmasse aus dem Cavum entfernt und letzteres mit einem dicht abschließenden Zement verschlossen. Der Erfolg der Wurzelfüllung wird durch eine letzte Aufnahme röntgenologisch bestätigt.

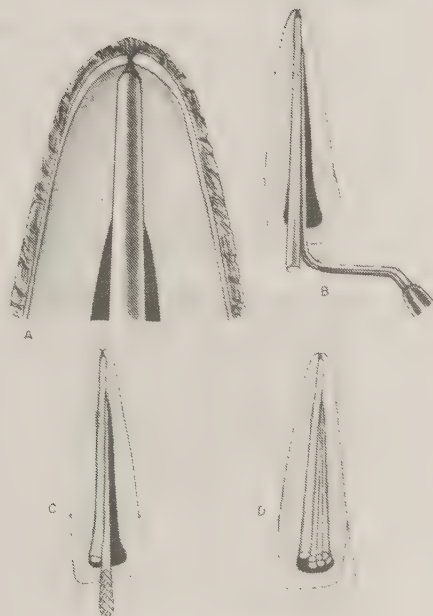
Alternativ wird eine Technik angewandt, bei der der zur Füllung vorbereitete und trockene Wurzelkanal zunächst mit dem plastischen Füllmaterial und mit Hilfe der Lentulo-Spirale vollständig ausgefüllt wird. Auch hierbei beginnt man mit kleinen Portionen vom apikalen Teil des Wurzelkanals aus. In den vollständig gefüllten Kanal wird der vorher eingepaßte Guttaperchastift mit pumpenden Bewegungen eingebracht, so daß das überschüssige Wurzelfüllmaterial an der Seite des Stiftes entlang nach koronal entweichen kann. Diese Methode setzt voraus, daß der Wurzelkanal soweit aufbereitet ist, daß er ohne Luftblasen mit dem plastischen Zement aufgefüllt werden kann. Sie setzt weiterhin die Verwendung eines Materials voraus, das beim Erstarren nicht schrumpft (AH 26, Diaket).

III. 2. Laterale Kondensationsmethode (aufeinander folgende Arbeitsgänge)

1. Anlegen von Kofferdamm und Desinfektion des zu behandelnden Zahnes.
2. Aufbereitung, Reinigung und Trocknung der Wurzelkanäle.
3. Der Hauptguttaperchastift wird der Größe des zuletzt benutzten Räumers entsprechend ausgesucht.
4. Der Guttaperchastift wird eingepaßt und an der Inzisalgrenze markiert, danach wird eine Röntgenaufnahme angefertigt, um festzustellen, ob der Stift 1 bis 2 mm vor dem Apex endet, weil er durch den Druck beim Kondensieren etwas apikalwärts gepreßt wird.
5. Zeigt die Röntgenaufnahme den genauen Sitz des Stiftes, so wird der Wurzelkanal noch einmal desinfiziert und mit Papierspitzen und Alkohol getrocknet.
6. Danach wird entweder mit einem Räumern der zuletzt benutzten Größe oder mit einer Lentulo-Füllspirale langsam plastisches Füllungsmaterial, z. B. Diaket, eingebracht, wobei Pumpbewegungen und gleichzeitig Drehungen entgegen dem Uhrzeigersinn durchgeführt werden.

7. Der ausgesuchte und in Wurzelfüllmaterial getauchte Stift wird langsam längs einer Kanalwand apikalwärts geschoben, bis die Markierung mit der Inzisalkante übereinstimmt. Durch die Pumpbewegungen und das langsame Einführen des Stiftes soll die Ansammlung von Luft am Apex vermieden werden. (Abb. 1 a)
8. Mit einem Stopfer wird der Hauptstift lateral gegen eine Kanalwand und gleichzeitig apikalwärts gedrückt. Nach dem Herausziehen des Stopfers wird ein feiner Guttaperchastift in das gebildete Spatium eingeschoben. (Abb. 1 b)
9. Feine Guttaperchastifte werden solange eingebracht, bis der Kanal dicht gefüllt ist und es nicht mehr möglich ist, im Zervikalbereich einen Guttaperchastift einzuschieben. (Abb. 1 c)
10. Mit einem heißen Instrument werden die Stifte gekürzt, danach wird das Pulpakavum gesäubert und provisorisch verschlossen. (Abb. 1 d)
11. Abschließend wird eine Kontrollaufnahme angefertigt.

Abb. 1: Ingle (1965, S. 219)
aufeinander folgende
Arbeitsgänge der La-
teralkondensationsme-
thode



III. 3. Übersicht über Anzahl der Zähne und verwendeten Materialien

Zur Untersuchung wurden 30 frisch extrahierte Zähne, meist einwurzlige Zähne verwendet, die bis zur Präparation in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt wurden.

Präparation des Zahnes

Der Zahn wird mit einem in physiologischer Kochsalzlösung getränkten Tupfer gehalten, um das Austrocknen der Wurzel zu vermeiden. Um eine Überhitzung und die dadurch verursachte Bildung von Sprüngen zu verhindern, wird der Zahn mit Wasserstrahl gekühlt und mit der Turbine eine normale Kastenkavität präpariert. Nach Erreichen der Kronenpulpa wird diese entfernt und das Pulpagewebe an dem Kanal exstirpiert.

Aufbereitung des Wurzelkanals

Mit dem ersten Kerr-Räumer wird zunächst die Länge des Wurzelkanals gemessen. Mit den folgenden Kerr-Größen wird der Kanal manuell bis 1 mm vor den Apex aufbereitet. Dazwischen wird der Kanal mit H_2O_2 3 % gespült. Zuletzt wird der Kanal mit einer Hedströmfeile entsprechend der zuletzt benutzten Kerr-Größe glattgefeilt und mit Papierspitzen getrocknet. (Abb. 2)

Abfüllen des Wurzelkanals

Wenn der Kanal trocken ist, wird ein Guttaperchastift einprobiert und die Stelle, die mit der Inzisalkante übereinstimmt, markiert. In den trockenen Kanal wird mit der Lentulo-Spirale langsam Füllmaterial (Diaket) eingebracht, wobei Pumpbewegungen und gleichzeitige Drehungen entgegen dem Uhrzeigersinn durchgeführt werden.

In den mit Diaket abgefüllten Kanal wird zentral der markierte Guttaperchastift mit pumpenden Bewegungen apikalwärts eingeschoben oder entsprechend der Lateral-kondensationsmethode (s. o.) abgefüllt. (Abb. 3, 4, 5, 6)

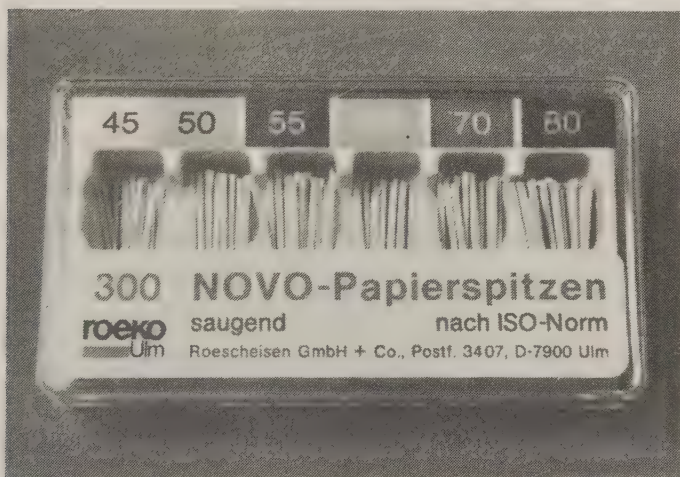


Abb. 2 : Vor dem Abfüllen werden die Wurzelkanäle mit genormten Papierspitzen getrocknet.



Abb. 3: Als Hauptstift werden standardisierte , 28 mm lange Guttaperchastifte verwendet.



Abb. 4: Für die Lateralkondensationsmethode werden zusätzlich 22 mm lange Guttaperchastifte (in drei Größen = stark, mittel, fein) verwendet.

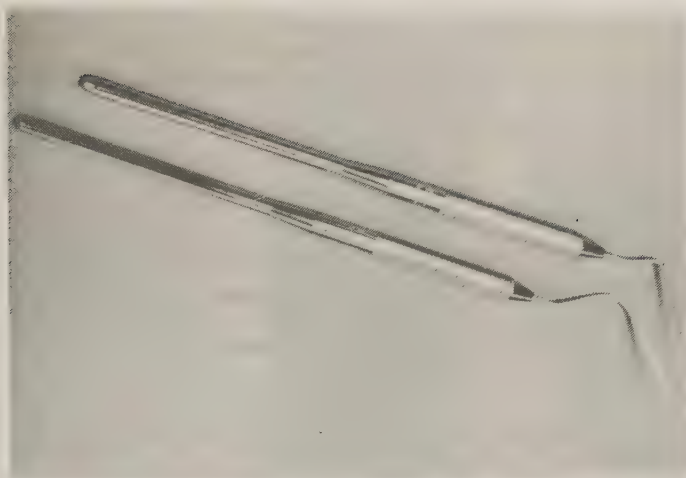


Abb. 5 : Für die Lateralkondensationsmethode werden als Hilfsinstrumente dünne spitze Stopfer (sprider) verwendet.

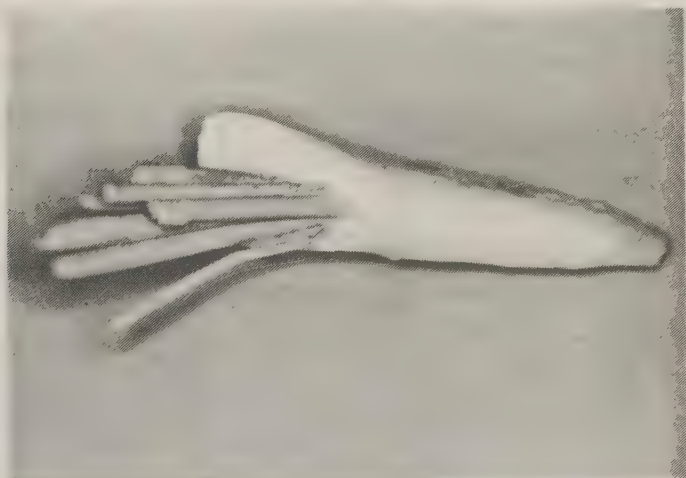


Abb. 6 : Nach der Lateralkondensationsmethode der wurzelgefüllter Zahn.

III. 4 . Herstellung der Präparate für die Betrachtung im REM

Herstellung der Schnitte

Bis zur Aushärtung des Diakets werden die abgefüllten Zähne 24 Std. lang in Kochsalzlösung aufbewahrt. Die Zahnkrone wird in Paladur eingebettet, um Zahn und Krone im Schneidegerät fixieren und die Wurzel in 2 mm Abschnitte einteilen zu können. Die jeweils vier Wurzel-schnitte werden mit der Trennmaschine (Firma Wolfgang Konrad, Clausthal-Zellerfeld) mit einer Diamantscheibe der Stärke 0,4 mm gesägt. (Abb. 7, 8, 9)

Trocknungsprozeß

Um die Zahnstrukturen im REM deutlich zu erkennen, werden die Schnitte 3 min mit H_3PO_4 15 % angeätzt, mit Wasser abgesprayt und 24 Std. mit Luft getrocknet.

Vorbereitung zur Betrachtung im REM

Anschließend werden die Abschnitte mit "Hight purity silver paint" auf die Objektträger geklebt und unter Vakuum mit Gold bedampft. Jetzt können die Präparate im REM - "Mini Sem ISI MSM - 5" betrachtet werden. (Abb. 10)

Abb. 7:

Einbettung der Zahn-
krone in Paladur.

Vergl. Abb. 18, S. 44

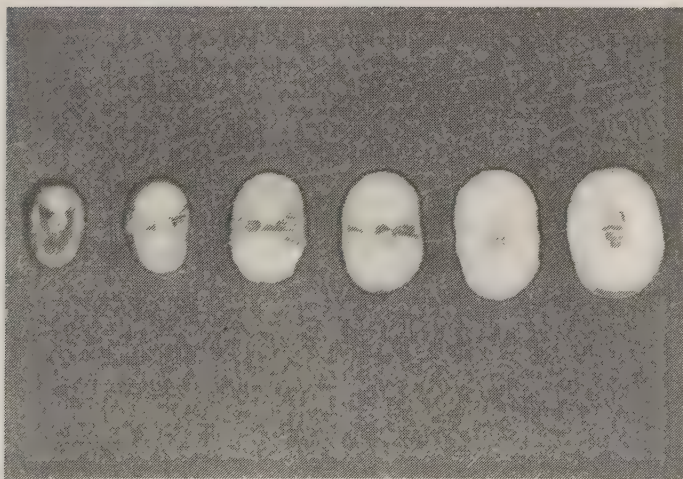


Abb. 8: 2 mm dicke Querschnitte einer Wurzel

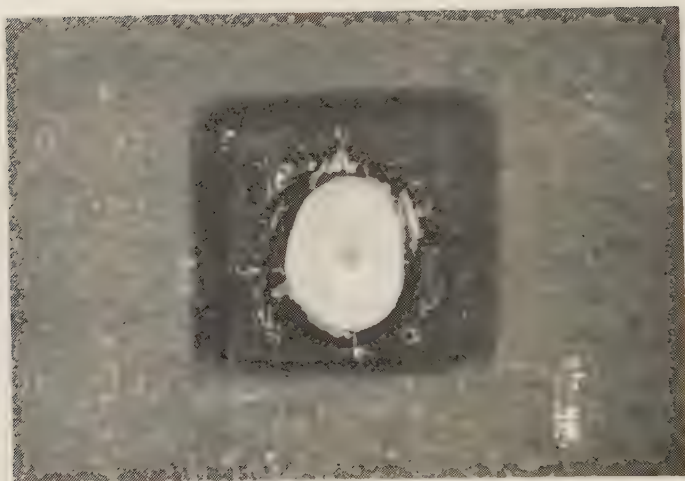


Abb. 9: Wurzelfüllung (Lateralkondensationsmethode) im Koronalbereich, im Querschnitt gesehen.

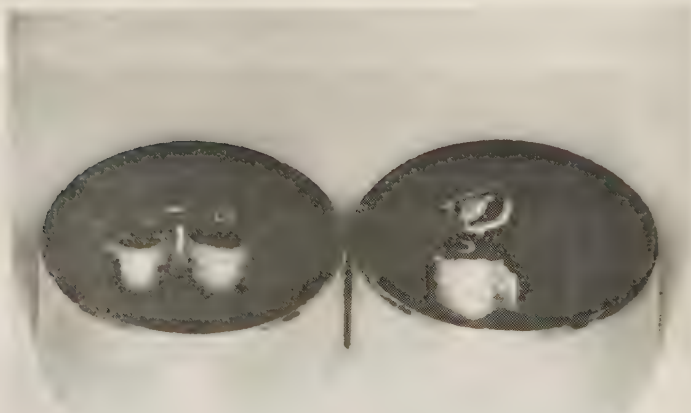


Abb. 10: Auf Objektträger geklebte, mit Gold bedampfte Schnitte, fertig zur Betrachtung im REM.

III. 5. Mögliche Fehlerquellen

Jede Methode zur Überprüfung der Wandständigkeit und Dichte von Wurzelfüllmaterialien hat Vor- und Nachteile, auch das von uns eingesetzte Rasterelektronenmikroskop zur Untersuchung von Wurzelquerschnitten.

Die Schwierigkeiten bei der Anfertigung der Präparate liegen darin, daß bei der Herstellung der Querschnitte mit der diamantbelegten Sägescheibe Wurzelfüllmaterial und Guttapercha verschmiert werden kann und daß dies zu Fehlinterpretationen führen kann.

Es ist nicht auszuschließen, daß beim Anätzen und beim Trocknungsprozeß der Schnitte zusätzlich Risse entstehen. Diese Fehlerquelle wurde beim Sägen der 2 mm dicken Querschnitte mit der Trennmaschine der Firma Wolfgang Konrad durch Diamantscheiben durch gleichzeitige gründliche Wasserkühlung weitgehend eingeschränkt.

Die Schnitte wurden je 1 Std. in Alkohol 70 %, Alkohol 96 %, Alkohol 100 % und Äther 100 % gelegt und anschließend 2 Std. mit einer Trocken-Pistole über P_2O_5 entwässert. Als Folge dieses Trocknungsprozesses waren Veränderungen der Strukturen und Schrumpfung des

Wurzelfüllmaterials (Diaket und Guttapercha), sowie Brüchigkeit der Schnitte zu beobachten.

Beim Versuch, die Schnitte 3 Tage bei normaler Zimmertemperatur an der Luft zu trocknen, war es schwierig die Strukturen des Wurzelfüllmaterials im REM zu erkennen. Bei Schnitten, die nur 2 Std. mit der Trockn-Pistole entwässert worden waren, waren die Strukturen des Wurzelfüllmaterials undeutlich und ebenfalls Risse im Querschnitt vorhanden (vergl. z. B. Abb. 22).

Beim Anätzen mit H_3PO_4 15 % 5 min und alleinigem Trocknen mit der Pistole 2 Std. sind Zahnstrukturen deutlich zu erkennen, jedoch entstehen Risse. Schrumpfung und Veränderung des Füllmaterials konnten nicht festgestellt werden (vergl. z. B. Abb. 21).

Nach weiteren Versuchen mit Anätzen (H_3PO_4 15 %) und unterschiedlichen Zeit und Trocknungsprozeß kann gesagt werden, daß die besten Ergebnisse unter folgenden Bedingungen erzielt wurden: nach 3 min Anätzen mit H_3PO_4 15 % und 1 Tag langem Trocknen an der Luft. Zahnstrukturen und Randständigkeit waren deutlich zu erkennen, Schrumpfung und Veränderung von Diaket und Guttapercha waren nicht zu beobachten, kleine Risse jedoch nicht ganz auszuschließen.

Die folgenden Abbildungen (11 - 16) zeigen die Veränderungen der Materialien (Guttapercha, Diaket) durch Alkohol-Äther bzw. H_3PO_4 15 % um die Strukturen dieser Materialien an den Querschnitten nach Trocknung und Anätzen beurteilen zu können.

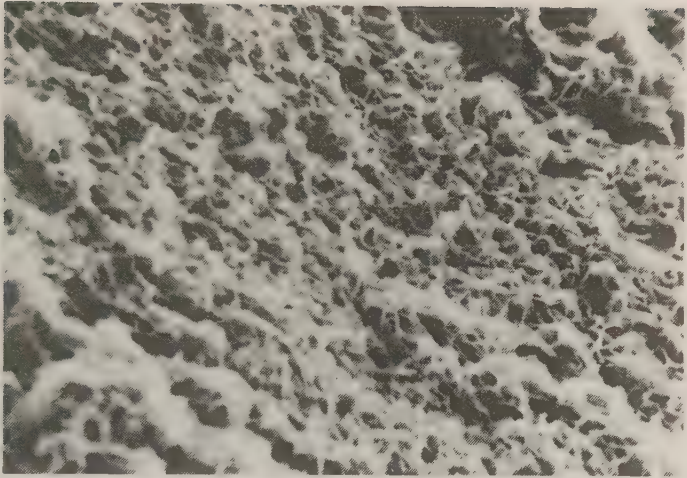


Abb. 11: Guttapercha, Oberfläche unbehandelt (3000 : 1)

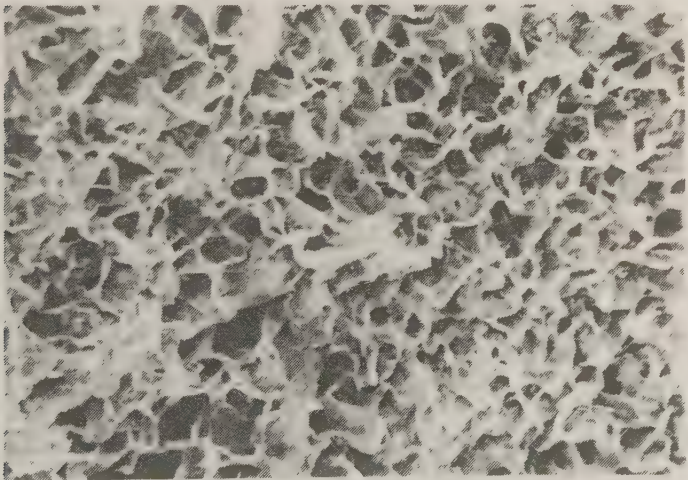


Abb. 12: Guttapercha nach Trocknen mit Alkohol und Äther
(3000 : 1)



Abb. 13: Guttapercha nach 3 min Anätzen mit H_3PO_4 15 %
(3000 : 1)



Abb. 14: Diaket, Oberfläche unbehandelt (3000 : 1)



Abb. 15: Diaket nach Trocknen mit Alkohol und Äther (3000 : 1)



Abb. 16: Diaket nach 3 min Anätzen mit H_3PO_4 15 % (3000 : 1)

Aus dieser Beschreibung verschiedener Fehlermöglichkeiten geht hervor, daß sich Fehlerquellen im Verlaufe der Vorbereitung der experimentellen Wurzelfüllung und der im REM zu untersuchenden Präparate addieren können. Die Interpretation der morphologischen Bilder setzt deshalb voraus, daß die verschiedenen Fehlermöglichkeiten und deren kritische, im Bild hervortretende Konsequenzen beachtet werden.

Generell kann man feststellen, daß die Verformung der gegenüber dem Dentin weicheren Wurzelfüllmasse durch Einwirkung der diamantbelegten Trennscheibe am deutlichsten zu Artefakten führte, die aber charakteristisch mit der Vorschubrichtung der Trennscheibe liegen. Diese Vorschubrichtung ist an den quer zu ihr verlaufenden Schleifspuren der diamantbelegten Scheibe stets zu erkennen.

Im übrigen lassen sich die Bruchfläche des Wurzeldentins, die Wurzelkanalwand nach mehr oder weniger gründlicher mechanischer Aufbereitung, Hartsubstanzsplitter und die verschiedenen zur Wurzelfüllung verwendeten Materialien deutlich unterscheiden.

Abb. 17 mag hierzu, wie in der Legende genauer beschrieben wird, als Beispiel gelten. Zugleich wird in diesem Beispiel gezeigt, daß die zwischen Wurzelfüllmaterial

und Kanalwand gelegentlich zu beobachtenden Spalträume an ihrer breitesten Stelle vermessen werden und unter Berücksichtigung des Vergrößerungsmaßstabes in Mikrometern angegeben werden.



Abb. 17: Wurzelkanalwand mit angrenzendem Wurzelfüllungs-
material (Diaket). Am linken Bildrand: Bruch-
fläche im Wurzel dentin mit längseröffneten Den-
tinkanälchen. Bildmitte von oben nach unten:
Wurzelkanalwand, uneben, mit Öffnungen der Den-
tinkanälchen, rechte Hälfte: Wurzelfüllmaterial
(überwiegend Diaket). - Zwischen Wurzelkanalwand
und Füllmaterial klappt ein Spalt von etwa 80 μm
Breite. Mögliche Ursachen für diesen Spalt:

1. Ungenügende Aufbereitung der Wurzelkanalwand, was auch aus der unebenen Oberfläche der Wand hervorgeht;
2. Feuchte Wurzelkanalwand beim Abfüllen;
3. Verdrängung des Wurzelfüllmaterials beim Durchsägen der Wurzel mit der Diamantscheibe.

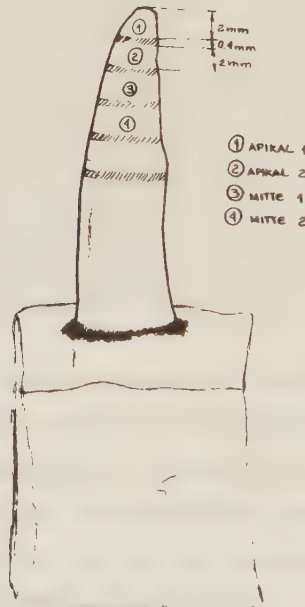


Abb. 18: Schematische Skizze über die Anordnung der untersuchten Wurzelquerschnitte. Durch den Sägeschnitt gingen jeweils 0,4 mm Hartschicht

verloren. Die Querschnitte blieben durch Einrechnung des Sägeschnittverlustes jeweils 2 mm dick. Numerierung und Bezeichnung der Sägeschnitte wie in diesem Schema angegeben.

Die Spaltbreite zwischen Wurzelkanalwand und Wurzelfüllmaterial wurde auf der vergrößerten Photographie vermessen und, nach Umrechnung mit dem Vergrößerungsmaßstab, in μm angegeben. Jeweils angegeben werden die maximalen Distanzen an den in den nachfolgenden Abbildungen eingezeichneten Stellen.

IV. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

IV. 1. Zur Untersuchungsmethode

Es ist in der Tat unverhältnismäßig schwierig, den dichten Abschluß eines Wurzelfüllmaterials an der zuvor aufbereiteten Wurzelkanalwand zu überprüfen. Untersuchungen mit Farblösungen, die im koronalen Cavum über der Wurzelfüllung eingebracht werden, sind problematisch, weil zumindest das Dentin des extrahierten marktoten Zahnes, auch wenn er während des Experimentes feucht gehalten wird, leicht durchlässig ist. Darauf beruhen unterschiedliche Ergebnisse früherer Untersuchungen (Waechter 1953, Kröncke 1953, Stewart 1958, Grossmann 1976).

Gleichartige Untersuchungen mit Glasröhrchen anstelle aufbereiteter Wurzelkanäle durchzuführen, tragen lediglich dazu bei, das Wurzelfüllungsmaterial selbst und seine Wandständigkeit zu beurteilen. Gleiches gilt für die von Knappwost empfohlene Blasendruckmethode (Knappwost 1951).

Das Ergebnis einer Wurzelkanalbehandlung in vivo hängt aber unvermeidbar vom optimalen Erfolg aller hierfür nötigen Einzelschnitte von der Ausräumung und mechanischen Aufbereitung des Wurzelkanals über das Auswaschen

und Trocknen bis zum vollständigen Abfüllen ab. Daraus folgt die Überlegung und der Versuch, das Ergebnis morphologisch zu überprüfen.

Dies setzt verzerrungsfreie Schnitte oder Schliffe durch die Zahnwurzeln mit eingebrachten Füllungsmaterialien voraus. Angesichts der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der dabei zu schneidenden Materialien gibt es bis heute aber keine fehlerfreie Methode. Wir müssen uns deshalb damit begnügen, die Sägeschnitte unter allen erdenklichen Vorsichtsmaßnahmen (z. B. optimale Kühlung mit Wasserstrahl) anzufertigen und durch Vergleichsuntersuchungen Erfahrungen über die dabei möglichen Artefakte (vgl. III. 5.) zu sammeln. Gleiches betrifft auch die morphologischen Veränderungen, die durch weitere Vorbereitungsschritte zur Untersuchung entstehen konnten (trocknen, anätzen).

Im Übrigen aber bot sich die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung der so gewonnenen Querschnitte als vorteilhaftestes Verfahren an, weil es evtl. Spalträume auch in die Tiefe des Schnittes hinein ohne Tiefenschärfe-Probleme zu verfolgen gestattete. Ebenso ist es mit einiger Erfahrung leicht, die verschiedenen natürlichen oder künstlichen Substanzen im REM-Bild zu differenzieren.

Durch Verwendung des REM haben sich die Möglichkeiten zur Untersuchung der Wandständigkeit von Wurzelfüllungsmaterialien wesentlich verbessert. Niederdellmann (1976) verwendete dieses Instrument, um die Wandständigkeit verschiedener Wurzelfüllungsmaterialien an 40 extrahierten Zähnen zu untersuchen. Er kam zu folgenden Feststellungen: Mit Ausnahme von Amalgam kann jedes verwendete Wurzelfüllungsmaterial durch Vervollkommenung mit einem nachgeschobenen Stift bezüglich seiner Wandständigkeit verbessert werden. Bei der Auswahl des Füllungsmaterials muß darauf geachtet werden, daß diese Wandständigkeit nicht durch spätere Resorption gefährdet wird. Aufgrund der Gewebsverträglichkeit und wegen der fehlenden Resorbierbarkeit empfiehlt er einen Stift zu verwenden. Nachteilig seien lediglich die lange Abbindezeit dieses Materials.

IV. 2. Vergleich der beiden Wurzelfüllungsmethoden

In dieser hier vorliegenden Studie wurde die "Zentralstiftmethode" und die "Lateralkondensationsmethode" unter sonst experimentell gleichartigen Umständen miteinander verglichen. Die Abbildungen 19 bis 27 im nachfolgenden Abschnitt IV. 4 IV. 5. zusammengefaßt, geben mit ihren dazugehörigen Legenden als typische Beispiele darüber

Auskunft, daß mit Hilfe der Lateralkondensationsmethode unter den sonst gleichen Bedingungen bessere Ergebnisse erzielt wurden. Die Häufigkeit von Spaltbildungen zwischen Wurzelfüllungsmaterial und Kanalwand war, sofern man offensichtliche Artefakte (vgl. III. 5.) berücksichtigte, wesentlich geringer.

Dies gilt insbesondere für die Wurzelkanalabschnitte, die außerhalb des apikalen Gebietes im mittleren Abschnitt der untersuchten Wurzel lagen. Dies erklärt sich daraus, daß Form und Querschnitt der Wurzelkanäle in diesem Bereich außerordentlich variabel sind, so daß schon die Erfassung aller Kanalwandschnitte bei der Aufbereitung problematisch werden kann (Kono-pelski 1979, Fromme et al. 1970, Moodnik et al. 1976, Kothe 1973).

Ebenso wirken sich Buchten und Lakunen im Verlauf der Wurzelkanalwand als hinderlich für die Ausfüllung mit den Wurzelfüllmaterialien aus, sofern das plastisch eingebrachte Material nicht gründlich an die Wand angepreßt wird. Gerade dieses aber ist der wesentliche Effekt der Lateralkondensationsmethode, bei der durch wiederholtes Einführen der Spreizer bereits vorhandene Guttaperchastifte mit umgebendem Wurzelfüllungsmaterial (Diaket) zur Seite an die Kanalwand und auch in unter-

sichgehende Buchten gedrängt wird.

Wie auch Ingle (1965), Sommer et al. (1966), Nichols (1967), Grossmann (1970) und Schroeder (1979) schon betonten, empfiehlt sich diese Lateralkondensationsmethode insbesondere bei weiten Wurzelkanälen.

Im Gegensatz zu unseren recht befriedigenden Befunden scheinen die Untersuchungen von Brayton (1973) zu stehen, der das Ergebnis der Wurzelfüllung durch Auflösung der Wurzeln mit Säuren untersuchte, so daß lediglich die Wurzelfüllungen übrig blieben. Abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit der so freigelegten Wurzelfüllungen beurteilte Brayton das Ergebnis der zuvor durchgeführten Wurzelfüllung und fand nach Anwendung der Lateralkondensationsmethode Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Kondensation, ungleiche und unvollständige Zementverteilung sowie unzureichende Ausfüllung der Seitenkanäle.

Beim Vergleich dieser Untersuchungen darf man aber nicht vergessen, daß die Auflösung der Zahnhartsubstanz mit Säure auch zu Veränderungen an den Wurzelfüllmaterialien führen muß, z. B. durch Auflösung des in die Guttaperchastifte eingebrachten Zinkoxyds. Im übrigen erinnern wir an die Bemerkungen von Waechter (1953) über die Veränderungen des Diaket mit verschiedenen

Säuren und Lösungsmitteln. Insgesamt ist die Vergleichbarkeit der Untersuchungen von Brayton mit den hier vorgelegten Ergebnissen deshalb sehr eingeschränkt. Wir möchten unseren morphologischen Untersuchungen, die auf möglichst wenig Veränderungen der beteiligten Substanzen abzielten, mehr Vertrauen schenken.

Weiterhin zu beachten ist bei solchen Vergleichen auch die Erfahrung und die Sorgfalt, mit der der Behandler vorgeht. Im allgemeinen wird die Lateralkondensationsmethode als leicht durchführbar bezeichnet, wenn zuvor richtig aufbereitet wurde (Kuttler 1958, Ingle 1961, Curson 1966, Schroeder 1977).

IV. 3. Vorteile der Lateralkondensationsmethode

Wesentliche Hinweise zur richtigen Anwendung hat Schroeder (1977) gegeben. (Abb. 28)

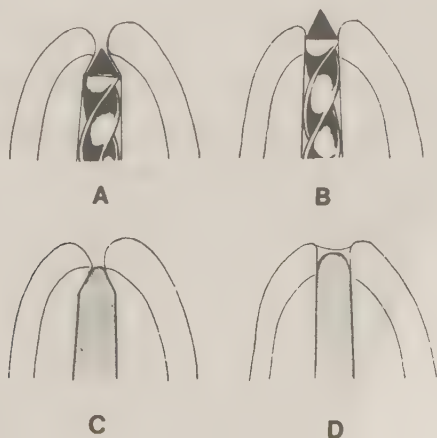


Abb. 28: A) richtige Aufbereitung bis zur Dentin-Zementgrenze

B) erweiterter Apex

C) ideale Wurzelfüllung

D) überstopfte Wurzelfüllung

Als wesentlich hebt Schroeder (1977) hervor, daß der nach Dicke und Länge sorgfältig ausgesuchte und eingebrachte Hauptstift zunächst mit einer geringen Menge Füllmaterial bis zum Foramen apicale eingeführt wird, so daß das Foramen auf diese Weise dicht verschlossen ist.

Unsere rasterelektronenmikroskopischen Beobachtungen zeigten, daß die Wurzelfüllmasse, auf diese Weise eingebracht, gut verteilt war und eine gute Verbindung zwischen Guttaperchastift und Wurzelkanalwand herstellte. (Abb. 19 bis 22). Auch Niederdellmann und Mitarbeiter (1976) kamen zu ähnlichen Feststellungen.

Die lange Abbindezeit des Diakets sehen wir eher als Vorteil an, da auf diese Weise genügend Zeit verbleibt, die zusätzlichen Guttaperchaspitzen Schritt für Schritt zu kondensieren. Im übrigen kann man eine Unterfüllung des Wurzelkanals mit Hilfe der genormten Guttaperchaspitzen (Ingle 1958) leichter vermeiden, da der Hauptstift

nach der zuletzt benutzten Räumergroße ausgesucht wird und den apikalen Teil des Wurzelkanales recht zuverlässig verschließt.

Offensichtlichen Vorteilen der Lateralkondensationsmethode stehen natürlich auch Nachteile gegenüber, wie die nachfolgende Aufstellung zeigt:

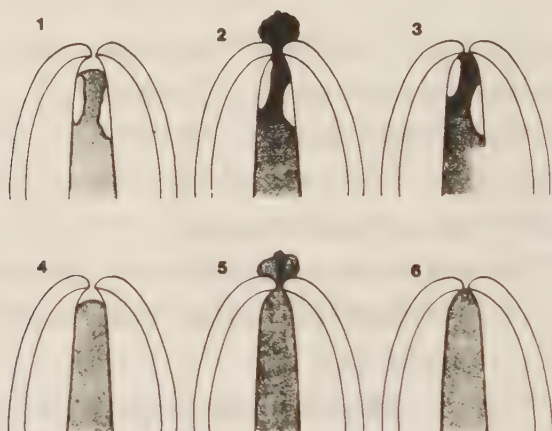
Vorteile: - bessere Wandständigkeit

- Apikalbereich optimal (Abb. 19, 20, 22)
- Mittelbereich gut, manchmal Spaltbildung nachweisbar (Abb. 21)
- gute Adhäsion Zement-Guttaperchaspitze-Kanalwand (Abb. 19 - 22)
- Vermeidung von Unter- und Überfüllung

Nachteile: - größerer Zeitaufwand

- höhere Strahlenbelastung des Patienten, durch zusätzliche Röntgenaufnahmen

Mögliche Fehlerquellen bei der Lateralkondensations-
methode: (Abb. 29, Lasala 1971)



- Abb. 29: 1. Unterfüllung und schlechte Kondensation
2. Überfüllung mit Wurzelfüllmittel oder Gutta-
perchastift und schlechte Kondensierung
3. Füllung bis zur Dentin-Zementgrenze, jedoch
schlechte Kondensierung
4. Unterfüllung, aber gut kondensiert
5. Überfüllung, gut kondensiert
6. Ideale Füllung bis zur Dentin-Zementgrenze
und gut kondensiert

IV. 4. Abbildungen zur Wurzelfülltechnik "Lateralkondensationsmethode"

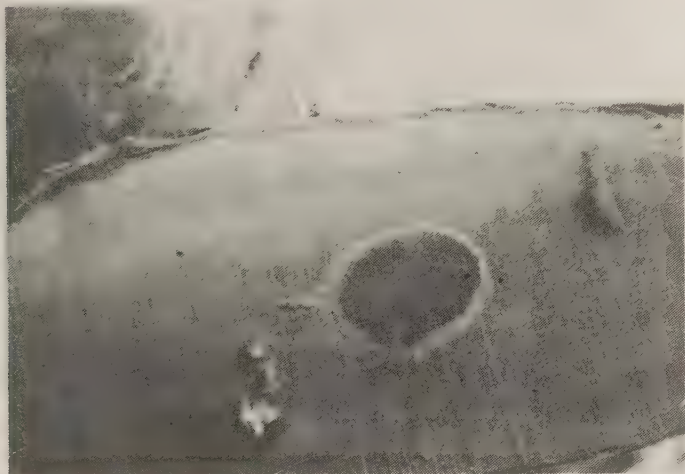


Abb. 19: Mit Lateralkondensationsmethode abgefüllter
Wurzelkanal im Querschnitt, Apikalbereich 1
(= 2 mm vor dem Apex), kein Randspalt erkennbar. (50 : 1)



Abb. 19 a: Detailvergrößerung von Abb. 19 (100 : 1)

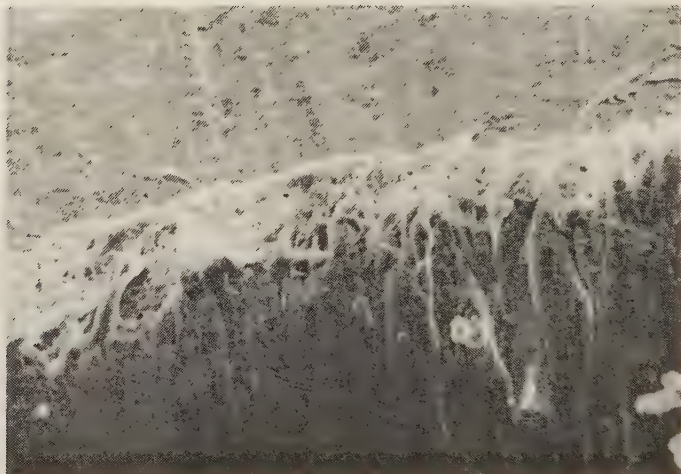


Abb. 19 b: Detailvergrößerung von Abb. 19 (700 : 1)



Abb. 20: Mit Lateralkondensationsmethode abgefüllter
Wurzelkanal, im Querschnitt gesehen, Apikal-
bereich 2, kein Randspalt zu sehen. (100 : 1)
Apikalbereich 2 (2,4 mm vom Apex entfernt)

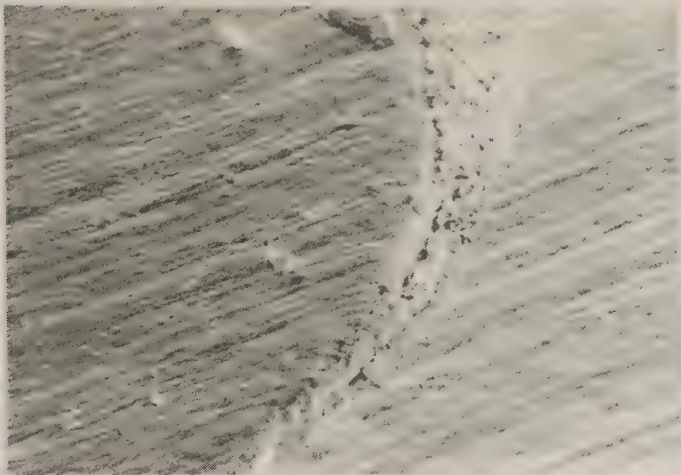


Abb. 20 a: Detailvergrößerung von Abb. 20 (400 : 1), linke
Bildhälfte: Guttapercha, von oben nach links
unten: Diaket (Oberfläche bei der Präparation an-
gelöst, rechts: Dentin



Abb. 20 b: Detailvergrößerung von Abb. 20 (700 : 1)

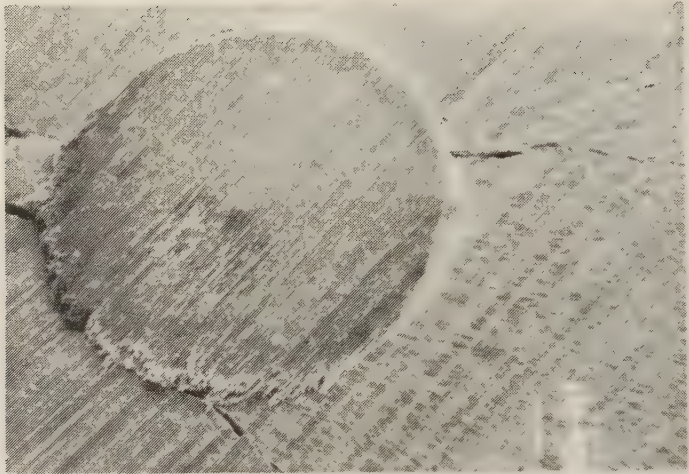


Abb. 21: Mit Lateralkondensationsmethode abgefüllter Wurzelkanal im Querschnitt, Bereich Wurzelmitte 1 (4,2 mm vom Apex entfernt), ohne Randspalt. Deutlich zu erkennen sind Schleifspuren der Diamantscheibe und durchs Trocknen entstandene Risse. (100 : 1)

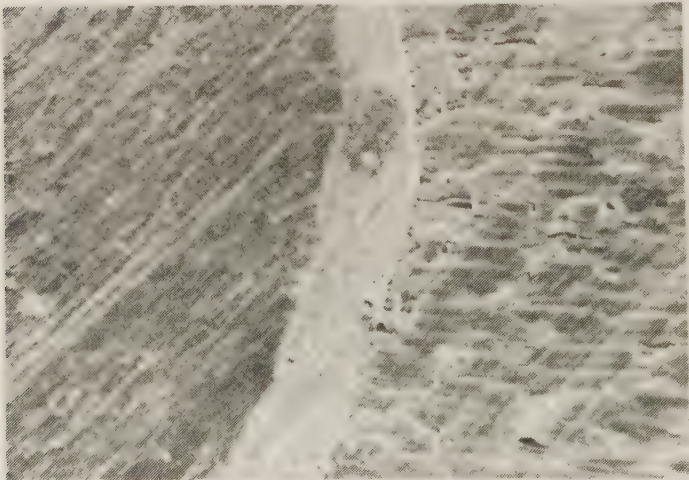


Abb. 21 a: Detailvergrößerung von Abb. 21 (400 : 1)

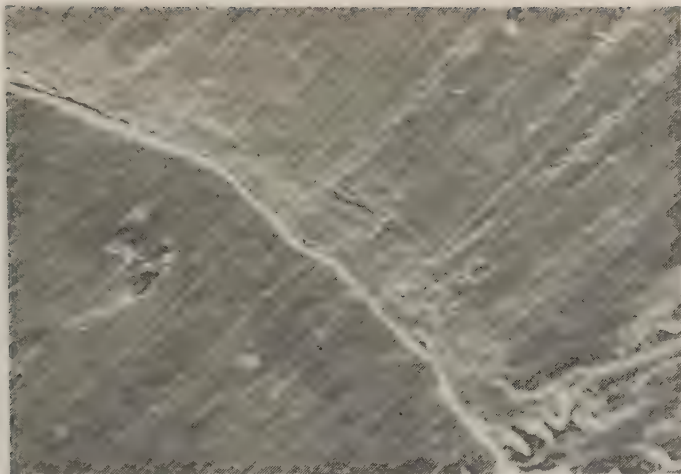


Abb. 21 b: Detailvergrößerung eines anderen Bildabschnittes von Abb. 21, gute Adhäsion von Guttapercha-Diaket-Kanalwand zu erkennen (400 : 1)



Abb. 21 c: Detailvergrößerung von Abb. 21 (700 : 1)



Abb. 22: Mit Lateralkondensationsmethode abgefüllter Wurzelkanal, Querschnitt im Apikalbereich 1 (= 2 mm vor dem Apex). Beispiel für grobe präparative Artefakte durch Einwirkung der Trennscheibe, die das Material in der Bildebene von unten rechts abzog und Guttapercha in der oberen Bildhälfte in der Laufrichtung der Trennscheibe verschmierte. Rechts vom Wurzelkanal ausgehend ein sich verbreiternder Spalt, der während der Trocknung entstanden ist. (50 : 1)

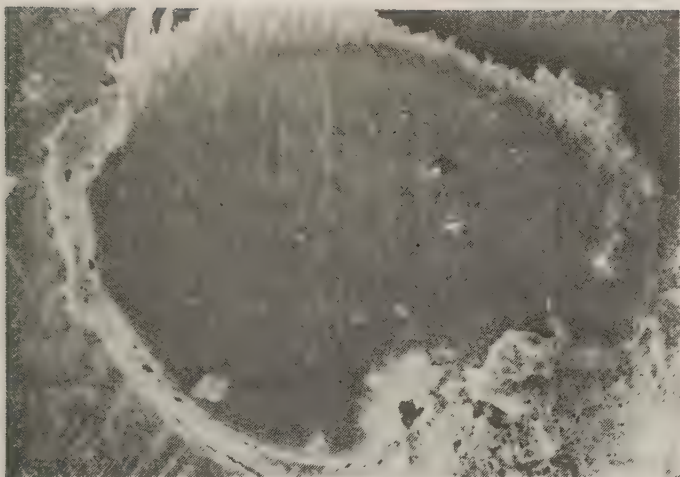


Abb. 22 a: Detailvergrößerung von Abb. 22 (100 : 1)

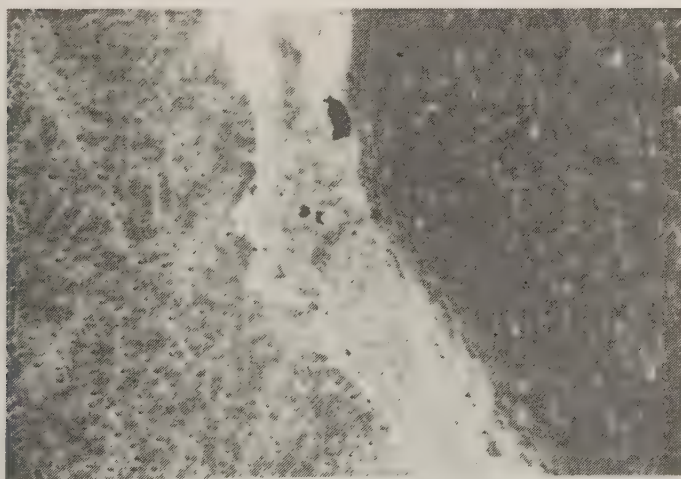


Abb. 22 b: Detailvergrößerung von Abb. 22, Eingänge der
Dentinkanälchen deutlich zu sehen. (400 : 1)

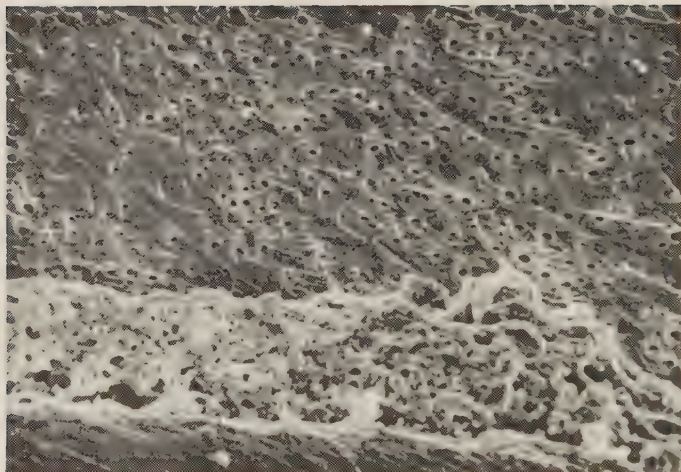


Abb. 22 c: Detailvergrößerung von Abb. 22 (700 : 1)

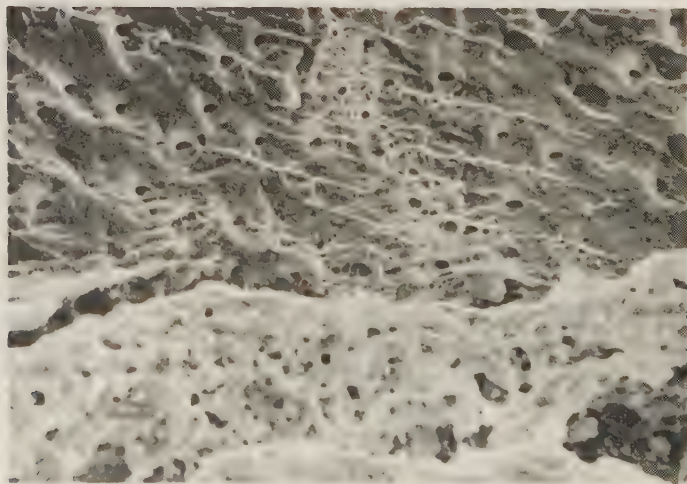


Abb. 22 d: Detailvergrößerung von Abb. 22, trotz Vergrößerung
ist kein Randspalt erkennbar. (1400 : 1)

IV. 5. Abbildungen zur Wurzelfülltechnik "Zentralstift"

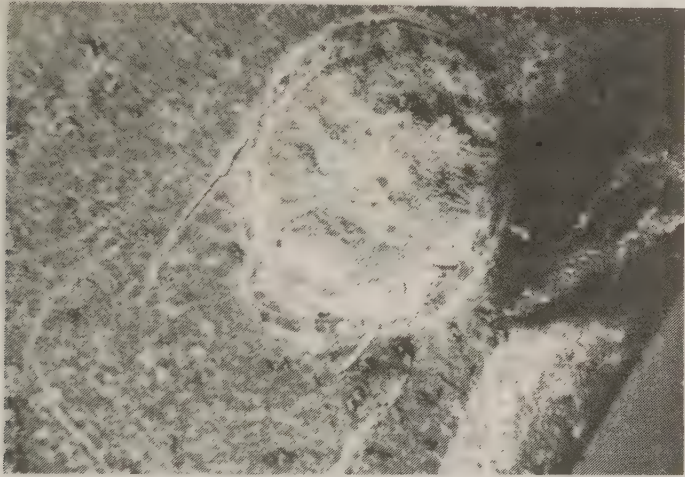


Abb. 23: Mit der konventionellen Wurzelfüllmethode abgefüllter Wurzelkanal im Querschnitt, Apikalbereich 1 (2 mm vom Apex entfernt), Randspalt und Trocknungsrisse im Dentin deutlich zu erkennen. (50 : 1)

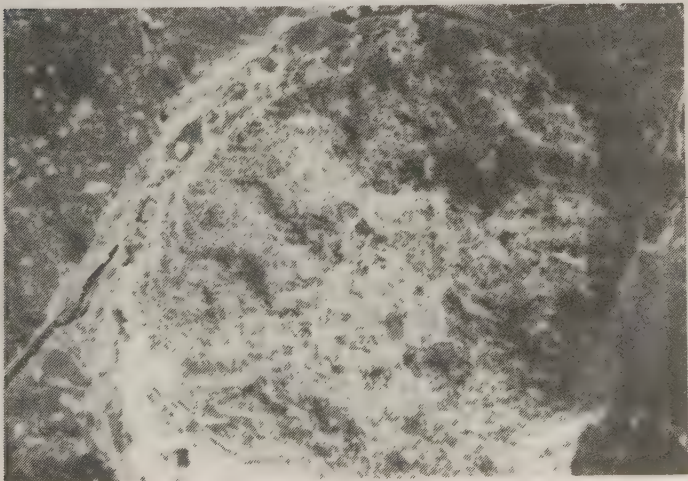


Abb. 23 a: Detailvergrößerung von Abb. 23 (100 : 1)

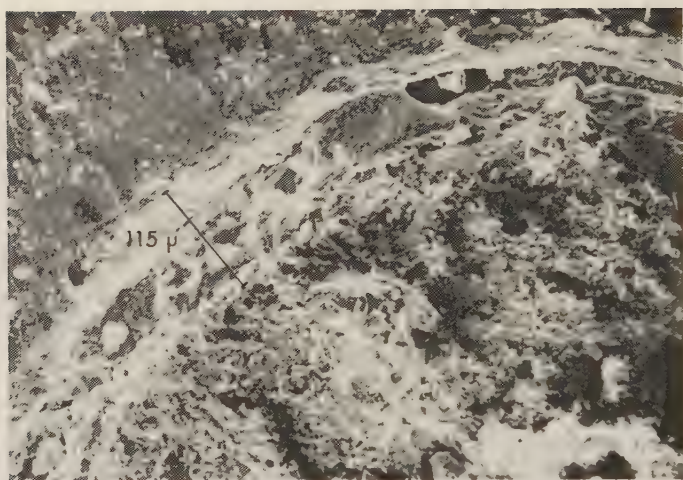


Abb. 23 b: Detailvergrößerung von Abb. 23, gemessene Spaltbreite 115 μm . (200 : 1)

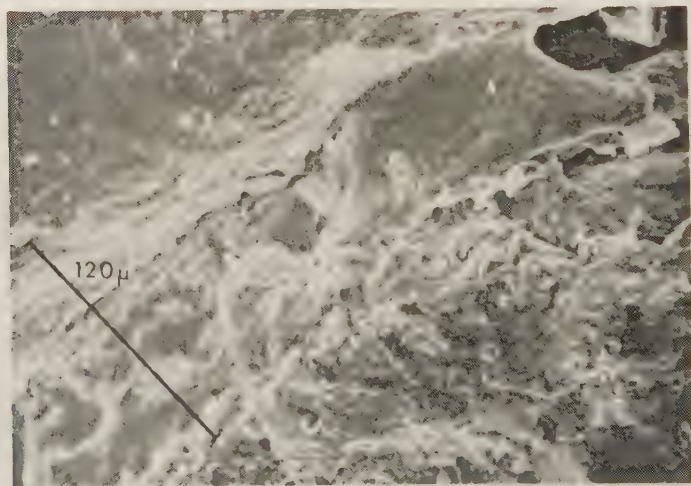


Abb. 23 c: Detailvergrößerung von Abb. 23 (400 : 1)

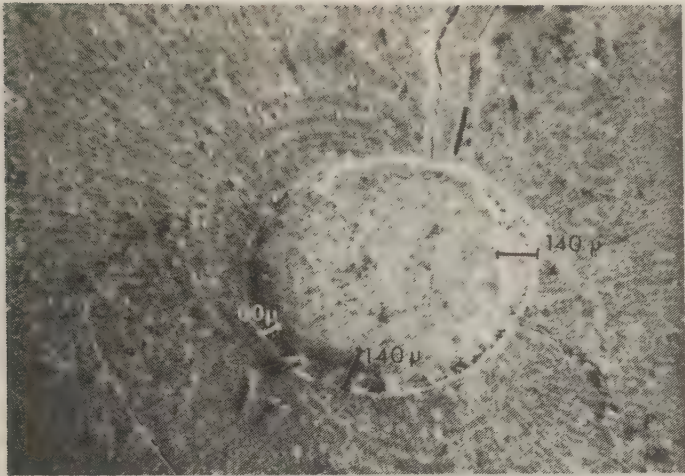


Abb. 24: Mit der konventionellen Wurzelfüllmethode abgefüllter Wurzelkanal im Querschnitt, Apikalbereich 1 (= 2 mm vom Apex entfernt), an der linken Seite Spaltlücken Guttaperchaspitze und Wurzelkanalwand bis zu 60 μ Breite. Rechts ist der Spalt mit Diaket in einer Schichtlücke bis zu 150 μ ausgefüllt. (50 : 1)

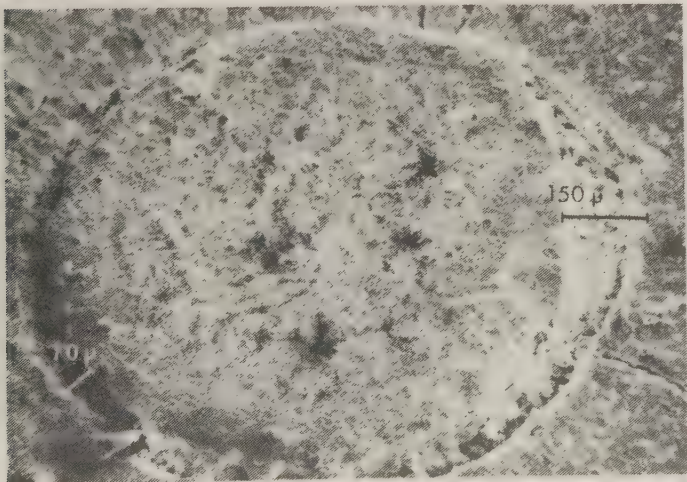


Abb. 24 a: Detailvergrößerung von Abb. 24 (100 : 1)

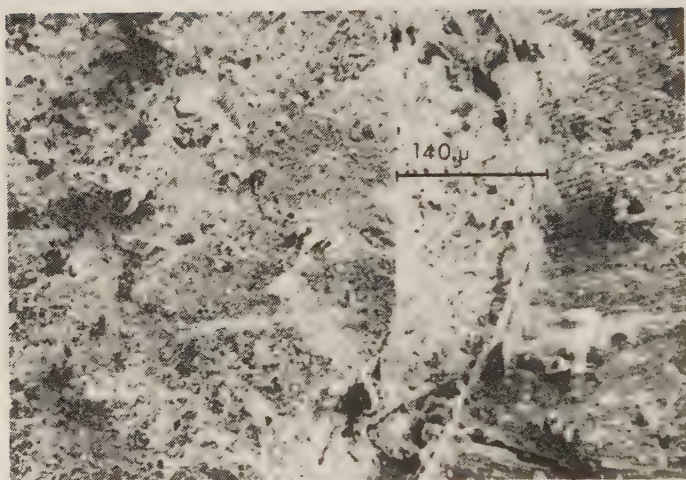


Abb. 24 b: Detailvergrößerung von Abb. 24 (200 : 1)

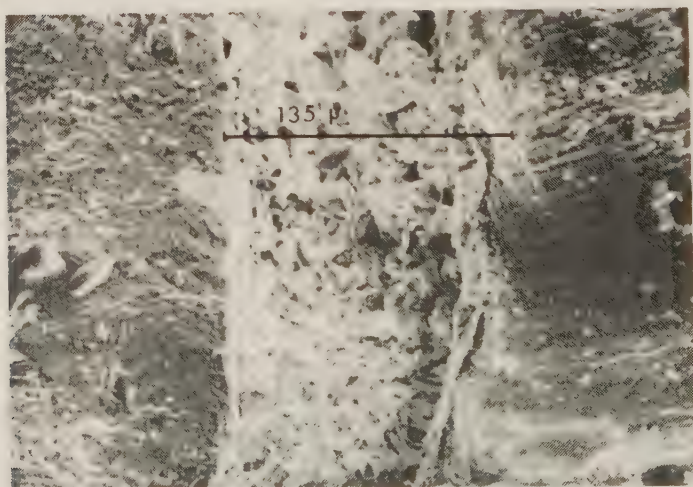


Abb. 24 c: Detailvergrößerung von Abb. 24 (400 : 1)



Abb. 25: Mit der konventionellen Methode abgefüllter Wurzelkanal im Querschnitt, Bereich Wurzelmitte 2, gemessener Randspalt zwischen 120 und 280 μm . (50 : 1)

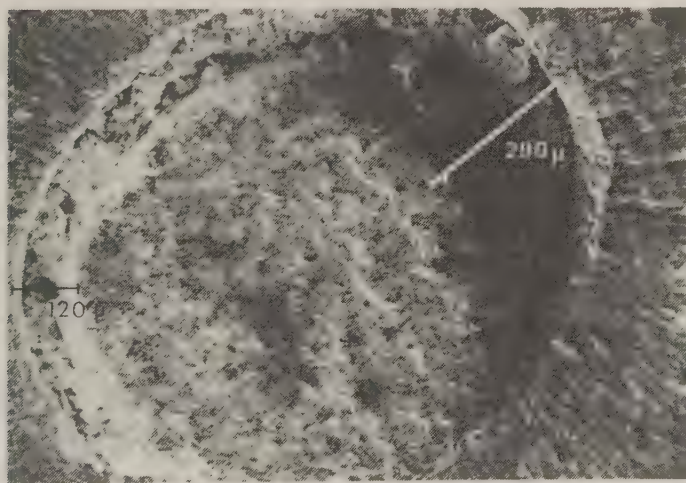


Abb. 25 a: Detailvergrößerung von Abb. 25 (100 : 1)
Bereich Wurzelmitte 2 (= 7,2 mm vom Apex entfernt)

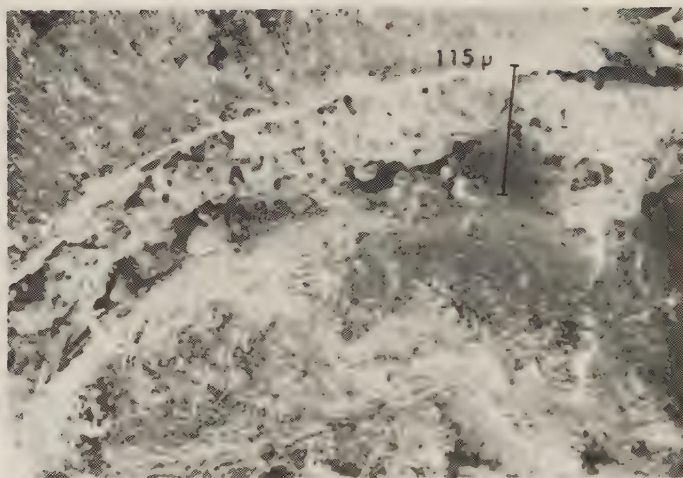


Abb. 25 b: Detailvergrößerung von Abb. 25 (200 : 1)



Abb. 25 c : Detailvergrößerung von Abb. 25 (400 : 1)

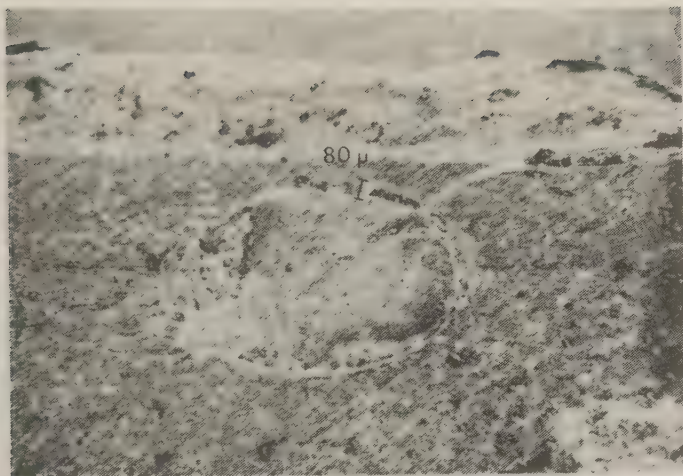


Abb. 26: Mit der konventionellen Methode abgefüllter Wurzelkanal im Querschnitt, Apikalbereich 2, gemessener Randspalt 80 μ m. (50 : 1)



Abb. 26 a: Detailvergrößerung von Abb. 26 (100 : 1)
Apikalbereich 2 (= 2,4 mm vom Apex entfernt)

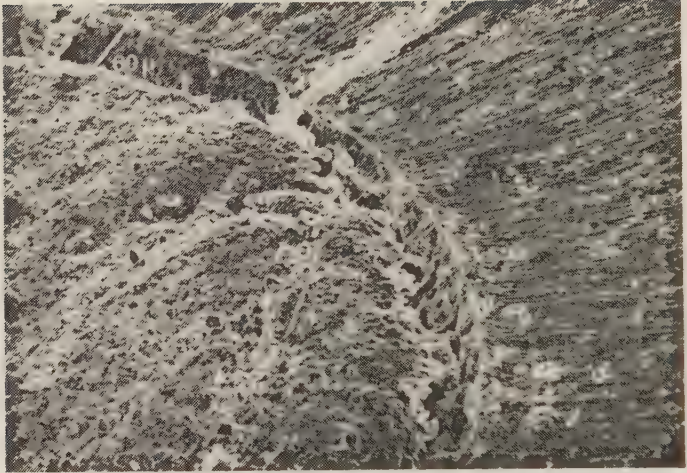


Abb. 26 b: Detailvergrößerung von Abb. 26 (200 : 1)

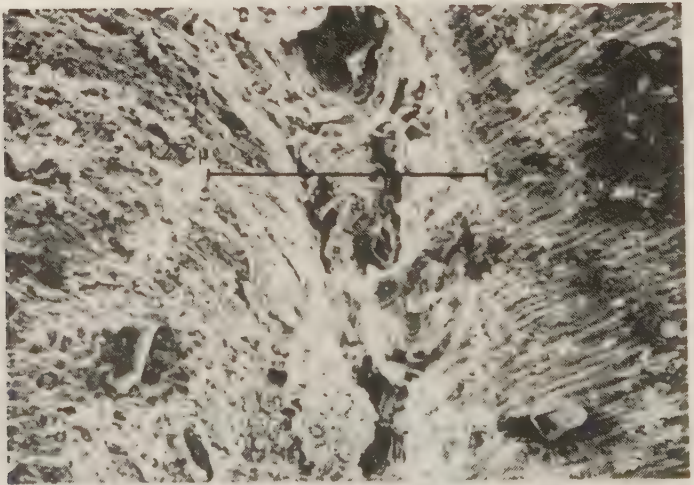


Abb. 26 c: Detailvergrößerung von Abb. 26 (400 : 1)

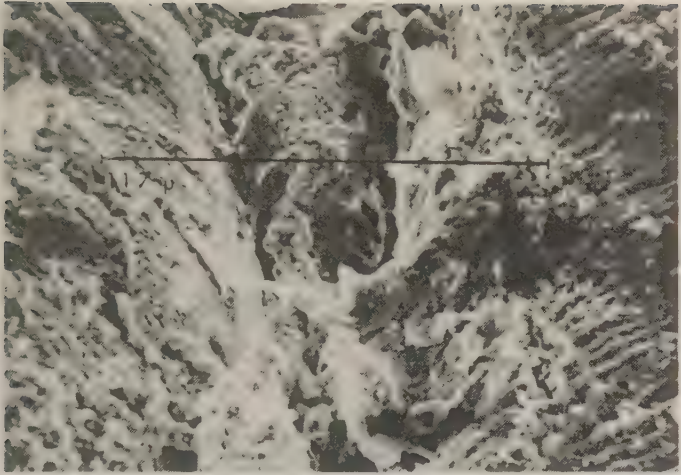


Abb. 26 d: Detailvergrößerung von Abb. 26 (700 : 1)

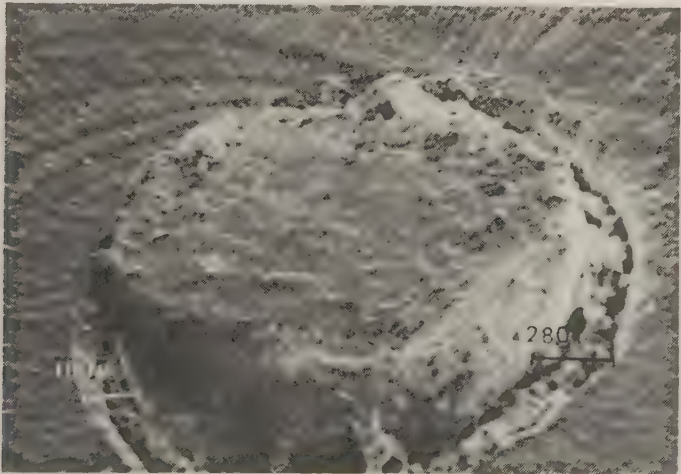


Abb. 27: Mit der konventionellen Methode abgefüllter
Wurzelkanal im Querschnitt, Bereich Wurzelmitte 2,
gemessener Randspalt zwischen 180 und 280 μm . (50 : 1)
Bereich Wurzelmitte 2 (= 7,2 mm vom Apex entfernt)



Abb. 27 a: Detailvergrößerung von Abb. 27 (100 : 1)

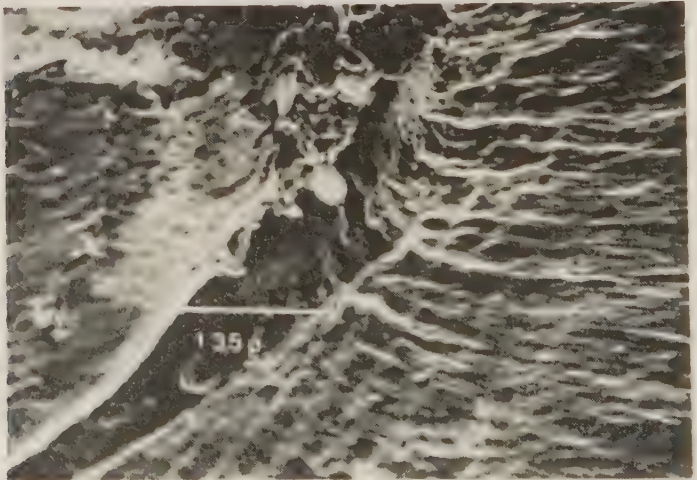


Abb. 27 b: Detailvergrößerung von Abb. 27 (200 : 1)

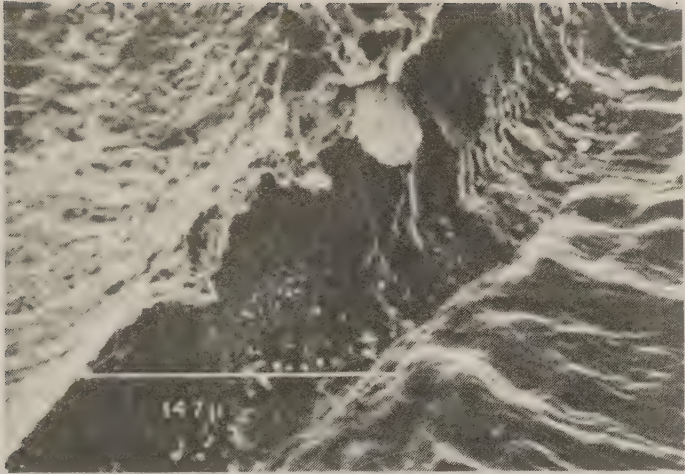


Abb. 27 c: Detailvergrößerung von Abb. 27 (400 : 1)

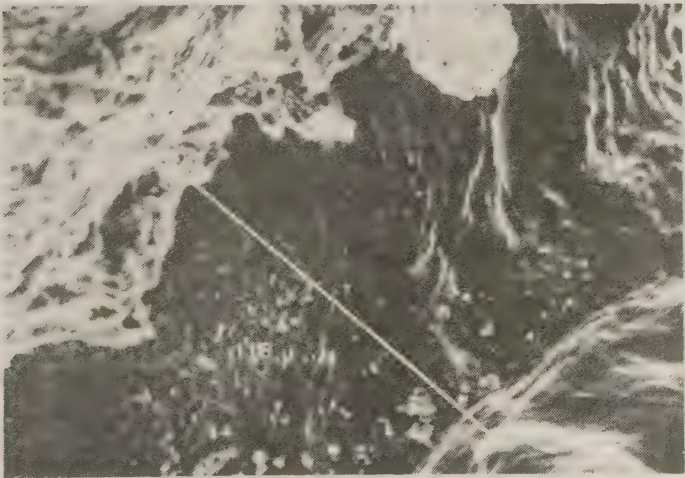


Abb. 27 d: Detailvergrößerung von Abb. 27 (700 : 1)

V. ZUSAMMENFASSUNG

In rasterelektronenmikroskopischen Vergleichsuntersuchungen wurden die Lateralkondensationsmethode und die Wurzelfülltechnik mit einem "Zentralstift" daraufhin geprüft, wie dicht das Wurzelfüllungsmaterial an der Wurzelkanalwand anschließt. Die Ergebnisse:

1. 30 frisch extrahierte Zähne wurden mit Räumer und Feilen aufbereitet, gesäubert und getrocknet und nach den oben erwähnten beiden Wurzelfülltechniken abgefüllt. Die Zahnwurzeln wurden in 2mm dicke Abschnitte quer getrennt und für die Betrachtung im REM präpariert. Verglichen wurden nur die Abschnitte des apikalen und mittleren Bereiches.
2. Weder ein Wurzelkanalzement noch Guttapercha allein dichten den Wurzelkanal vollständig ab. Es ist auf jeden Fall nötig, beide Materialien miteinander zu kombinieren.

Mit der Lateralkondensationsmethode konnten wir die weitaus bessere Wandständigkeit im Apikalbereich erzielen. Im mittleren Bereich des Wurzelkanals fanden sich dagegen noch nach sorgfältiger Anwendung der Lateralkondensationsmethode gelegentlich hinsichtlich der Wandständigkeit Mängel.

3. Beim Kondensieren wurde das Wurzelfüllmaterial gleichmäßig verteilt und in Lakunen und Seitenkanäle gepreßt. Bei beiden Füllmethoden ergab Diaket mit Guttapercha eine gute Verbindung. Durch geringe Zementmenge und Kondensieren mehrerer Guttaperchastifte ist bei der Lateralkondensationsmethode Überfüllung und Unterfüllung des Zahnes leicht zu vermeiden.
4. Bei den Zähnen, die mit der Zentralstift-Methode abgefüllt worden waren, ließen sich im REM nicht nur im mittleren Bereich, sondern auch im apikalen Bereich vermehrt Spalträume erkennen.
5. Zusammenfassend legen diese Studien dar, daß die er-srehte Wandständigkeit des Wurzelfüllmaterials durch nachgeschobene Guttaperchastifte verbessert werden kann. Die Lateralkondensationsmethode erweist sich hierbei im Vergleich zu vereinfachten Füllungstechniken als überlegen.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- Abramovich A. and
Goldberg F.: The relationship of the root canal
sealer to the dentine wall, J. brit.
endodont. Soc. 2 , 81 - 86 (1976)
- Barry G.N.,
Heyman R.A. and
Elias A. : Comparison of apical sealing methods,
Oral Surg. 39, 806 - 811 (1975)
- Benatti O.,
Stolf W.L. and
Ruhnke L.A.: Verification of the consistency, set-
time and dimensional changes of root
canal filling materials, Oral Surg.
46, 107 - 113 (1978)
- Brayton M.S. and
Goldman M.: Gutta-percha root canal fillings, Ora
Surg. 35, 226 - 231 (1973)
- Coviello J.,
Brilliant D.J. and
Wright J.: Preliminary scanning electron micros-
copic study of the chlorosin
lateral condensation technique,
J. Endodont. 3, 54 - 62 (1977)
- Curson I.: Endodontic Techniques, Brit. dent.
J. 1, 424 - 428 (1966)

- Curson I. and
Kirk E.E.J.:
An assesment of root canal -
sealing cements, Oral Surg.
26, 229 - 236 (1968)
- Feldman G. and
Nyborg H.:
Tissue reactions to root
filling material. I. Com-
parison between guttaper-
cha and silver amalgam
implanted in jaws of rab-
bits, Odont. Revy 13, 1 -
4 (1962)
- Friedman C.M.,
Sandrik J.L.,
Heuer M.A. and
Rapp G.W.:
Composition and mechanical
properties of gutta-percha
endodontic points, J. dent.
Res. 54, 921 - 925 (1975)
- Fromme H.G.,
Guttzeit R. und
Riedel H.:
Experimentelle Untersuchungen
zur Frage der mechanischen
und chemischen Wurzelkanal-
aufbereitung sowie zur Wand-
ständigkeit von Wurzelfüllungs-
materialien, Dtsch. zahnärztl.
Z. 25, 865 - 876 (1970)

- Fromme H.G. and
Riedel H.:
Treatment of Dental Roots Canals and the Marginal Contact between Filling Material and Tooth, studies by Scanning Electronic Microscopy, J. brit. endodont. Soc. 5, 17 - 20 (1972)
- Goldman A.,
Schilder H. and
Aldrich W.:
The thermomechanical properties of gutta-percha. II. The history and molecular chemistry of gutta-percha, Oral Surg. 37, 954 - 961 (1974)
- Grossman L.I.:
Present status of plastic root canal filling materials. Transact. 3rd Internat. Conference on Endodontics, 125 - 137 (1963)
- Grossman L.I.:
Endodontic Practice, Lea & Febiger Philadelphia 1970
- Grossman L.I.:
Physical properties of root canal cements. J. Endodont. 2, 166 - 175 (1976)
- Grossman L.I.:
Endodontic Practice, 9. edit., Lea & Febiger, Philadelphia 1978

- Guldener P.H.A.: Die Stifttechnik in der Endodontie
1. Teil: Die Verwendung von Silberstiften, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 81, 52 - 69 (1971)
- Guldener P.H.A.: Die Stifttechnik in der Endodontie
2. Teil: Die Verwendung von Gutta-perchastiften, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 81, 311 - 327 (1971)
- Guldener P.H.A.: Endodontie, eine Literaturübersicht. I. Teil. Die Aufbereitung des Wurzelkanals, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 88, 417 - 444 (1978)
- Guldener P.H.A.: Endodontie, eine Literaturübersicht. II. Teil. Die Wurzelkanalfüllung, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 224 - 236 (1979)
- Guldener P.H.A. Endodontie, eine Literaturübersicht. Fortsetzung des II. Teils, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 330 - 344 (1979)
- Gutierrez J.H.,
Gigoux C. and
Escobar F.: Histologic reactions to root fillings, Oral Surg. 28, 557 - 566 (1969)

- Gurney B.F.,
Best E.J. and
Gervasio G.: Physical measurements on gutta-
percha, Oral Surg. 32, 260 -
270 (1971)
- Harndt R.: Ist eine vollständige Wurzelka-
nalfüllung möglich und notwendig?
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 325
(1975)
- Higginbotham T.L.: A comparative study of the physical
properties of five commonly used
root canal sealers, Oral Surg. 24,
89 - 101 (1967)
- Ingle J.I.: A Standardized Endodontic Technique
utilizing newly designed instru-
ments and filling materials, Oral
Surg. 14, 83 - 91 (1961)
- Ingle J.I. and
Beveridge E.E.: Endodontics, Lea & Febiger Phila-
delphia 1976
- Ingle J.I.: Endodontics, Lea & Febiger Phila-
delphia 1965
- Ketterl W.: Zur Frage der Medikamente und Mate-
rialien bei der Wurzelkanalbehand-
lung, Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 326
(1975)

- Knappwost A.: Kapillare Spaltbildung unserer plastischen Füllungsmaterialien als Ursachen der hohen Sekundärkariesfrequenz, Dtsch. zahnärztl. Z. 6, 602 - 609 (1951)
- Konopelski J. und Kröncke A.: Die Wurzelkanalwand nach Bearbeitung mit verschiedenen Instrumenten, Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 157 - 159 (1979)
- Kothe J. und Johansen H.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen des Wurzelkanalwandendents, Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 61, 100 - 108 (1973)
- Kröncke A.: Problematik der erhärtenden Wurzelfüllmaterialien, Zahnärztl. Rdsch. 62, 1 - 6 (1953)
- Kröncke A.: Der Wurzelkanal nach der mechanischen Aufbereitung, Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 321 - 322 (1975)
- Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices, J. Amer. dent. Ass. 50, 544 - 552 (1955)

- Kuttler Y.: A precision and biologic root canal filling technique, J. Amer. dent. Ass. 56, 38 - 50 (1958)
- Lasala A.: Endodoncia, Cromotip C.a. Argentina 1971
- Marlin J. and Schilder H.: Physical properties of gutta-percha when subjected to heat and vertical condensation, Oral Surg. 36, 872 - 879 (1973)
- McComb D., Smith D.C. and Beagrie G.S.: The Results of in vivo Endodontic Chemomechanical Instrumentation- A Scanning Electron Microscopic Study, J. brit. endodont. Soc. 2, 11 - 18 (1976)
- Moodnik R.M., Dorn S.O., Feldman M.J., Levery M. and Borden B.G.: Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study, J. Endodont. 2, 261 - 266 (1976)
- Moreno A.: Thermomechanically softened gutta-percha root canal filling, J. Endodont. 3, 186 - 188 (1977)

- Muruzabal M. and
Erausquin J.: Response of periapical tissues in
the rat molar to root canal fill-
ings with Diaket and AH 26, Oral
Surg. 21, 786 - 804 (1966)
- Nicholls E.: Endodontics, John Wright & Sons
Ltd., Bristol 1967
- Niederdellmann H.,
Krekeler G. und
Kaupp E.: Rasterelektronenmikroskopische Un-
tersuchungen zur Beurteilung der
Wandständigkeit von Wurzelfüllungen
im apikalen Bereich, Zahnärztl.
Welt/Reform 85, 773 - 777 (1976)
- Piatowska D.,
Pawlicka H. und
Krezeminski ZB.: Zur Ausheilung von Parodontitis
apicalis nach Wurzelfüllung mit
Diaket, Stomatologie DDR 28, 609 -
613 (1978)
- Pilz W.: Histologische Studien über die
durch Fremdkörper beeinflusste peri-
apikale Wundheilung nach operativer
Wurzelbehandlung, Dtsch. zahnärztl.
Z. 11, 1175 - 1180 (1956)
- Rappaport H.M.,
Lilly G.E. and
Kapsimalis P.: Toxicity of endodontic filling ma-
terials, Oral Surg. 18, 785 -
802 (1964)

- Rootare M.H.,
Powers M.J. and
Smith R.L.: Thermal analysis of experimental
and commercial gutta-percha, J.
Endodont. 2, 244 - 249 (1976)
- Scheufele J.: Untersuchungen und Erfahrungen
mit dem neuartigen Wurzelfüll-
material Diaket, Dtsch. zahnärztl.
Z. 7, 913 - 919 (1952)
- Schilder H.: Filling root canal in three dimen-
sions, Dent. Clin. N. Amer., 723 -
744 (1967)
- Schilder H.,
Goddman A. and
Aldrich W.: The thermomechanical properties
of gutta-percha, Oral Surg. 37,
946 - 954 (1974)
- Schilder H.,
Goodman A. and
Aldrich W.: The thermomechanical properties
of gutta-percha, Oral Surg. 37,
954 - 961 (1974)
- Schilder H.,
Goodman A. and
Aldrich W.: The thermomechanical properties
of gutta-percha, Oral Surg. 38,
109 - 114 (1974)

- Scholz R.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen an extrahierten Zähnen, fünf Jahre nach klinisch erfolgreicher Wurzelkanalbehandlung, Med. Diss. Berlin 1975
- Schroeder A.: Mitteilungen über die Abschlußdichtigkeit von Wurzelfüllmaterialien und erster Hinweis auf ein neuartiges Wurzelfüllmittel, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 64, 921 - 930 (1954)
- Schroeder A.: Endodontie, ein Leitfaden für Studium und Praxis, Quintessenz, Berlin 1977
- Schroeder A.: Endodontie in der täglichen Praxis, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 829 - 832 (1979)
- Schroeder A.: Zur Frage der Obliteration des Endodonts, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 89, 887 - 891 (1979)
- Seltzer S., Soltanoff W. and Sinai I.: Biologic aspects of endodontics, Oral Surg. 28, 724 - 738 (1969)

- Seltzer S.,
Soltanoff W. and
Sinai I.:
Biologic aspects of endodontics.
Periapical tissue reactions to
root canal instrumentation beyond
the apex and root canal fillings
short of and beyond the apex,
Oral Surg. 36, 725 - 737 (1973)
- Seltzer S.,
Green D.B.,
Weiner N. and
DeRenzis F.:
A scanning electron microscop
examination of silver cones remo-
ved from endodontically treated
teeth, Oral Surg. 33, 589 - 605
(1972)
- Sitzmann F.:
Untersuchungen über die Wandstän-
digkeit retrograder Wurzelfül-
lungen, Med. Diss. Erlangen 1965
- Sommer R.F.,
Ostrander F.D. and
Crowley M.C.:
Clinical Endodontics, W.B. Saunders
Company, Philadelphia, London
1966
- Spangberg L. and
Langeland K.:
Biologic effects of dental materials
1. Toxicity of root canal filling
materials on HeLa cells in vitro,
Oral Surg. 35, 402 - 414 (1973)

- Stewart G.G.: A Comparative Study of three root canal sealing Agents, Oral Surg. 11, 1029 - 1047 (1958)
- Stewart G.G.: A Comparative Study of three root canal sealing Agents, Oral Surg. 11, 1174 - 1178 (1958)
- Svejda J.: Über die Struktur der pulpo-dentinalen Grenze im Rasterelektronenmikroskop, Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 63, 1 - 14 (1975)
- Svejda J.: Über die Schmelzdentinmembran im Rasterelektronenmikroskop, Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 63, 245 - 288 (1975)
- Torabinejad M., Skobe Z., Trombly P.C., Krakow A.A., Gron P. and Marlin J.: Scanning electron microscopic study of root canal obturating, using thermoplasticized gutta-percha, J. Endodont. 4, 245 - 250 (1978)

Van Voorde H.E. and
Bjorndahl A.M.:

Estimating endodontic "working
length" with paralleling radio-
graphs, Oral Surg. 27, 106 -
110 (1969)

Waechter R.:

Untersuchungen über das Wurzelfüll-
mittel Diaket, Zahnärztl. Welt
12, 281 - 284 (1953)

Yee F.S.,
Marlin J.,
Krakow A.A. and
Gron P.:

Three-dimensional obturation of
the root canal using injection-
molded, thermoplasticized den-
tal gutta-percha, J. Endodont.
3, 168 - 174 (1977)

Diese Arbeit kam während eines zweijährigen Gastaufenthaltes vom 01.04.1979 an zustande, den ich Dank eines Stipendiums des Deutschen Akademischen Austauschdienstes in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Erlangen - Nürnberg wahrnehmen konnte.

Herrn Prof. Dr. A. Kröncke, Direktor dieser Poliklinik, möchte ich für die Überlassung des Themas und für seine Anleitung zu dieser Arbeit meinen herzlichen Dank aussprechen.

Herrn Dipl. Phys. Peter Pröschel aus der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik verdanke ich wertvolle Unterstützung und technische Hinweise für die Durchführung der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungsmethoden.

Darüberhinaus danke ich all denen, die durch Rat und persönliche Unterstützung freundlicherweise an der Entstehung dieser Arbeit mitgeholfen haben.

LEBENS LAUF

Name: Solis Pontón

Vorname: Mercedes Rosalia

Geburtsdatum: 04.09.1954

Geburtsort: Mexiko - City

Eltern: Felix Solis Hernandez, Ingenieur
Josefina Pontón de Solis, Hausfrau

Familienstand: ledig

Beruf: Zahnärztin

Schulbildung: 1961 - 1966 Grundschule "Alexander
Bain School", Mexiko, D.F.
1967 - 1969 Mittelstufe "Secundaria
Nr. 38", Mexiko, D.F.
1970 - 1973 Höhere Schule "Miguel E.
Schultz", Mexiko, D.F.

Akademische Ausbildung: 1973 - 1976 Studium der Zahnmedizin
Fakultät der Odontologie der Nat.
Unabhäng. Univ. v. Mexiko
18.03.1977 Staatsexamen
seit April 1979 Austausch-Stipendiatin
und Gastassistentin an der Zahn-, Mund-
und Kieferklinik der Univ. Erlangen -
Nürnberg, Abtlg. f. Zahnerhaltung und
Parodontologie

Wohnort: Torcuato Tasso Nr. 211
Col. Polanco, Mexiko 5, D.F.

Wohnort in Deutschland: An der Wied 16, 8520 Tennenlohe-Erlangen

Copy-Center 2000

852 ERLANGEN · Obere Karlstr. 30
Tel. 09131-26197